

# InnoTesting 2024 - Workshop



Bildquelle: „iStock.com/lilcrazyfuzzy.“

## „Ringversuch zur Vibrationsprüfung – Statistische Auswertung und Ergebnisse“

29.02. - 01.03.2024, Wildau

Thorsten Helbig

### Kontakt:

Deutsches Referenzbüro für  
Ringversuche und  
Referenzmaterialien GmbH

Reinhartser Straße 31

D-87437 Kempten

Fon: +49 (0)831/960 878-0  
Fax: +49 (0)831/960 878-99

E-Mail:  
[info@DRRR.de](mailto:info@DRRR.de)

Website:  
[www.DRRR.de](http://www.DRRR.de)

# Das DRRR – Wir über uns

## Deutsches Referenzbüro für Ringversuche und Referenzmaterialien GmbH (DRRR)

- ▶ **Firmengründung im Jahr 2007**
  - ▶ in Kempten im Allgäu
  - ▶ rund 30 Mitarbeiter (12 Wissenschaftler/Ingenieure)
- ▶ **Akkreditierter Ringversuchsanbieter ISO/IEC 17043**
  - ▶ > 550 Ringversuche pro Jahr / > 8.000 Anmeldungen (2022)
  - ▶ TOP 3 Ringversuchsanbieter in Europa
- ▶ **Hersteller von hochwertigen Referenzmaterialien**
- ▶ **Organisator individueller Ringversuche**
- ▶ **Kunden in über 100 Ländern**

# Das DRRR – Wir über uns

## Deutsches Referenzbüro für Ringversuche und Referenzmaterialien GmbH (DRRR)

### ► Kompetenzbereiche:

#### ► Lebensmittel und Futtermittel

- Chemisch-physikalische Prüfungen
- Organoleptik



#### ► Mikrobiologie

- Lebensmittel / Bedarfsgegenstände



#### ► Bedarfsgegenstände

- in Lebensmittelkontakt / Körperkontakt
- Spielzeug



#### ► Material- und Werkstoffprüfung

- Kunststoffe / Kunststoffherzeugnisse
- Textilien / Einzelfasern
- Umweltsimulation / EMV



**Teil 1:**  
**Grundsätze bei der Organisation  
von Ringversuchen, inkl. Statistik**

# Grundsätze bei der Organisation

## Homogene und stabile Prüfgegenstände:

### ▶ Homogenität:

Für die Ringversuche zur Vibration (klassischer Round-Robin) wird lediglich ein Probekörper eingesetzt, der nacheinander von den Teilnehmern geprüft wurde. Jedes Labor erhält damit die identische Probe, ideale Homogenität ist somit gewährleistet.

### ▶ Stabilität

Durch eine Prüfung des Probekörpers nach jedem Teilnehmer im gleichen Prüflabor und mit gleichem Prüfgerät wurde die Stabilität über den Ringversuchszeitraum gewährleistet.

# Grundsätze bei der Organisation

## Statistisches Modell zur Auswertung:

- ▶ Sensible Statistik (alle Messwerte)

Keine Ausreißereliminierung, keine Vernachlässigung wichtiger Werte durch falsche Ausreißereliminierung

- ▶ Sensible Statistik mit Ausreißereliminierung

Vermeidung von offensichtlich verfälschten Mittelwerten und Standardabweichungen (z.B. Grubbs-Ausreißertest)

- ▶ Robuste Statistik

- ▶ Standardabweichung: Q-Methode, MAD, nIQR

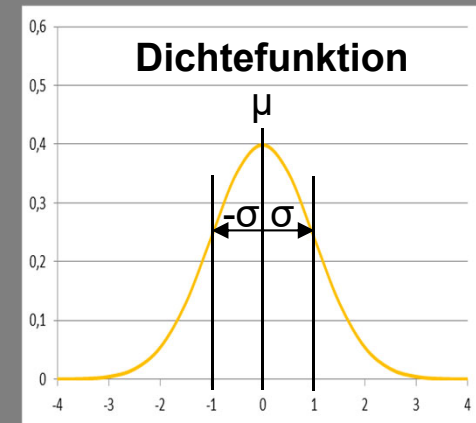
- ▶ Robuster Mittelwert: Hampel-Schätzer, Median

Über Algorithmen werden flexible Grenzen, iterative Annäherungen und Gewichtungen in Abhängigkeit der Häufigkeit berechnet, Ausreißer-Diskussion wird vermieden

# Grundsätze bei der Organisation

## Chi<sup>2</sup>-Anpassungstest - Auswahl der „besten Normalverteilung“:

1. Aus Mittelwert  $\mu$  und Standardabweichung  $\sigma$  → Dichtefunktion
  2. Vergleich mit der idealen Dichtefunktion
  3. Messung der Abweichung durch den chi<sup>2</sup>-Wert
  4. Vergleich der chi<sup>2</sup>-Werte zeigt welches statistische Verfahren den normalverteilten Anteil des Datensatzes am besten erkennt
  5. Je kleiner der chi<sup>2</sup>-Wert, desto besser normalverteilt
  6. Ist der chi<sup>2</sup>-Wert größer als 7,82, dann ist der Datensatz nicht normalverteilt. Der Median wird dann zur Bestimmung des besten Schätzwertes genutzt.
- ▶ Bei diskontinuierlichen Werten (z.B. Noten) kann keine Normalverteilung angenommen werden kann, es werden
- Median (Mittelwertlage)
  - MAD (Streumaß)
- berechnet!



Gaußsche Glockenkurve

# Grundsätze bei der Organisation

## Beispiele für die Anwendung:

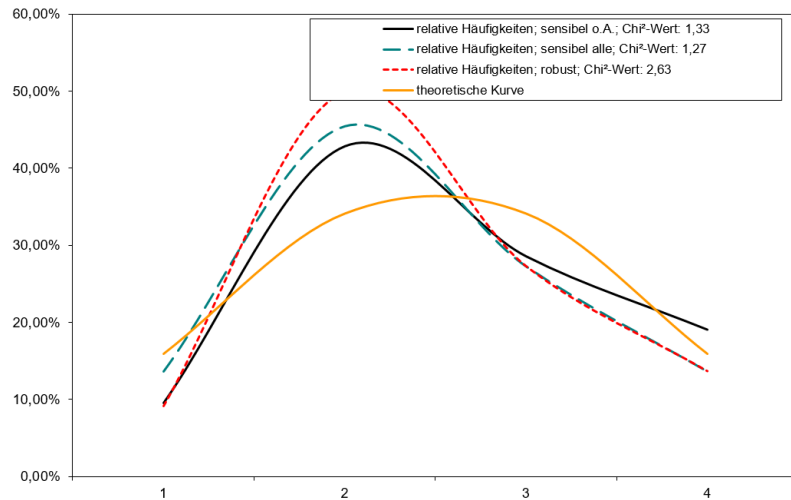


Bild 1: normalverteilter Datensatz  
RVEP 210250 Lichtechtheit ISO 105-B06  
Parameter: Farbänderung

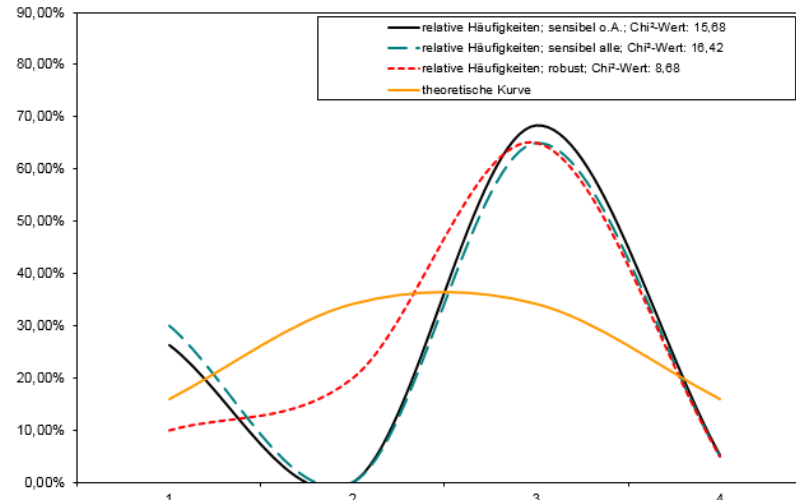


Bild 2: diskontinuierlicher Datensatz  
RVEP 17250 Lichtechtheit ISO 105-B06  
Parameter: Graumaßstab

### Zusammenfassende Auswertung

#### Farbänderung $\Delta E^*$ -Wert (zentral) Probe 2: PA6 (blau)

Zugewiesener Wert $x_{pt}$ [-] - ISO 105-B06   VDA 75202 (DIN 53236)	2,53
$\pm$ erweiterte Unsicherheit (k=t) des zugewiesenen Werts $U(x_{pt})$	0,33
Standardabweichung für die Eignungsbewertung (SDPA)	0,74
Anzahl nach Ausreißereliminierung	22
Anzahl Ausreißer	0



# Grundsätze bei der Organisation

- ▶ **Sensible Statistik mit Ausreißereliminierung**
  - ▶ Je mehr Labore als Ausreißer erkannt werden, desto kleiner wird die Standardabweichung.
  - ▶ Das bedeutet, je mehr Ausreißer aus der Bewertung eliminiert werden, umso besser müssen die berücksichtigten Laboratorien sein, um eine gute Laborbewertung zu erhalten.
  
- ▶ **Robuste Statistik**
  - ▶ Geringere Beeinflussung durch Ausreißer
  - ▶ Diskussion bzgl. Ausreißer-Ausschluss nicht mehr nötig
  - ▶ Ausführung für den Anwender sehr bequem (z.B. in Excel)
  - ▶ Auch noch mit mehreren Ausreißer-Laboren ist eine sinnvolle Berechnung möglich (Bruchpunkt bei > 35% Ausreißer)

# Grundsätze bei der Organisation

## Bewertung der Prüflabore:

- ▶ Kriterium ist der z'-score:

$$z' = \frac{\bar{x} - x_{pt}}{\sqrt{SDPA^2 + s_M^2}}$$

wobei:  $\bar{x}$  = Labormittelwert

$x_{PT}$  = zugewiesener Wert

SDPA = Standardabweichung zur Eignungsbewertung

$s_M$  = Materialstandardabweichung

- ▶ Die Materialstandardabweichung wird berücksichtigt

## ***Bewertungsgrundlage:***

$$|z'| \leq 2,0$$

zufriedenstellende Laborleistung

$$2,0 < |z'| \leq 3,0$$

fragwürdige Laborleistung

$$|z'| > 3,0$$

unbefriedigende Laborleistung

**Teil 2:**  
**Ergebnisse aus**  
**Ringversuchen zur Vibration**

# Allgemeine Informationen

## Schwingung - Vibration – Schock IEC 60068-2-6, -2-27, -2-64

- ▶ Prüfaufbau: 1 Doppelbestimmung je Parameter
- ▶ Beschleunigung Anregung, Sinus (a1), Schock (a2), Rauschen (a3)
- ▶ Beschleunigung quer, Sinus (b1), Schock (b2), Rauschen (a3)
- ▶ Sinus Resonanzfrequenz (a4) – optisch mit Messkeil
- ▶ Sinus Resonanzfrequenz (100 Hz / 300 Hz) - (c1)

---

<b>Zeitraum</b>	<b>Bericht</b>	<b>Teilnehmer</b>
02.05.2022- 23.12.2022	13.01.2023	15 x DEU
15.02.2023 – 24.11.2023	31.01.2024	10 x DEU, 2 x CH 1 x NL

---

# Allgemeine Informationen

## Schwingung - Vibration – Schock IEC 60068-2-6, -2-27, -2-64

- ▶ Aktuell laufen 2 weitere Ringversuche
- ▶ Identischer Aufbau, allerdings ohne Schock (IEC 60068-2-27)

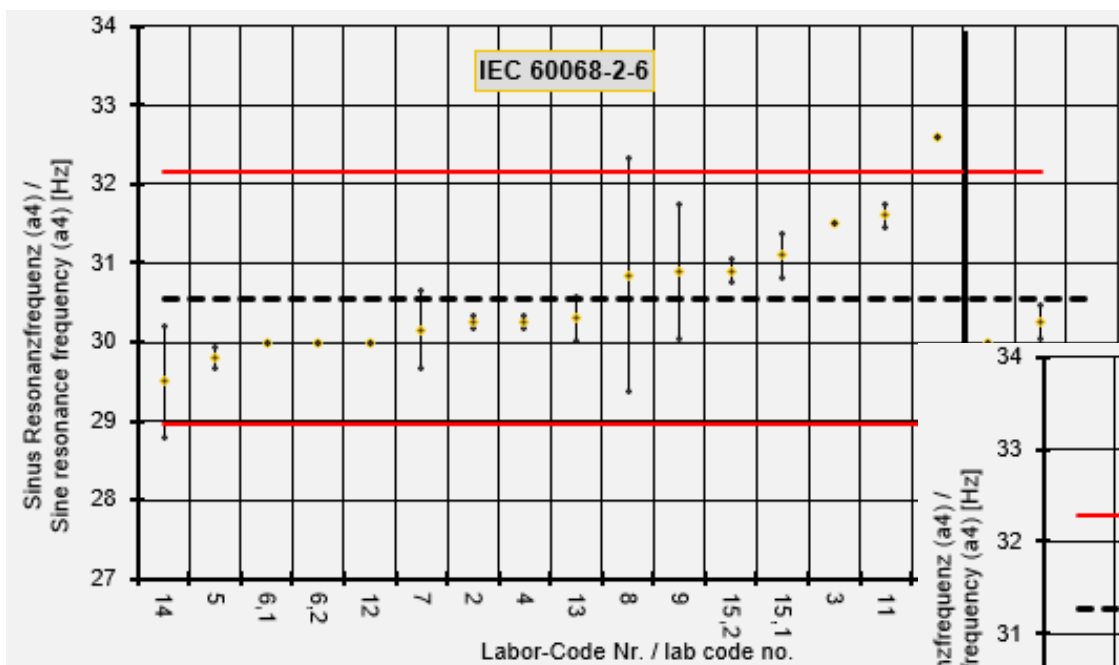
---

<b>Start</b>	<b>Bericht</b>	<b>Teilnehmer</b>
01.06.2023	08.03.2024 (geplant)	5 x DEU, 4 x FR, 1 x ITA, 1 x SWE, 1 x UK
01.06.2023	19.04.2024 (geplant)	11 x DEU, 1 x BEL, 1 x CZ

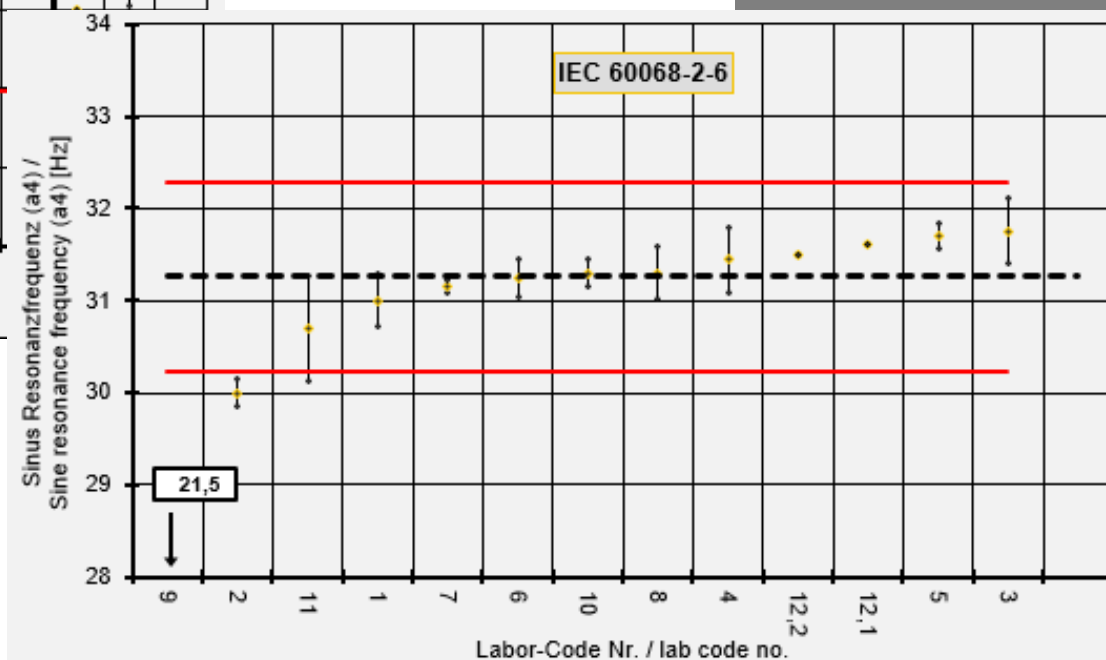
---

# Ergebnisse Resonanzfrequenz

Auswertung Resonanzfrequenz (optisch, mit Messkeil):



RVEP 225000 - Mittelwert: 30,6, Stabw.: 0,8



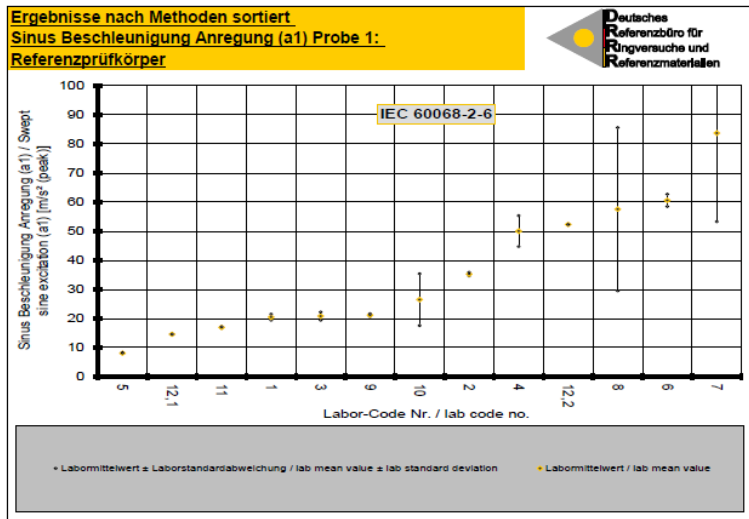
RVEP 235000 - Mittelwert: 31,3, Stabw.: 0,5

# Ergebnisse Resonanzfrequenz

## Vergleich Resonanzfrequenzen:

Resonanzfrequenz	2022	2023
Optisch mit Messkeil	30,6 Hz ± 0,8	31,3 Hz ± 0,5
Drive-Signal <-> Bezugspunkt am dichtesten an 100 Hz	111,0 Hz ± 2,1	111,5 Hz ± 0,9
Drive-Signal <-> Bezugspunkt am dichtesten an 300 Hz	321,9 Hz ± 3,7	314,2 Hz ± 1,1

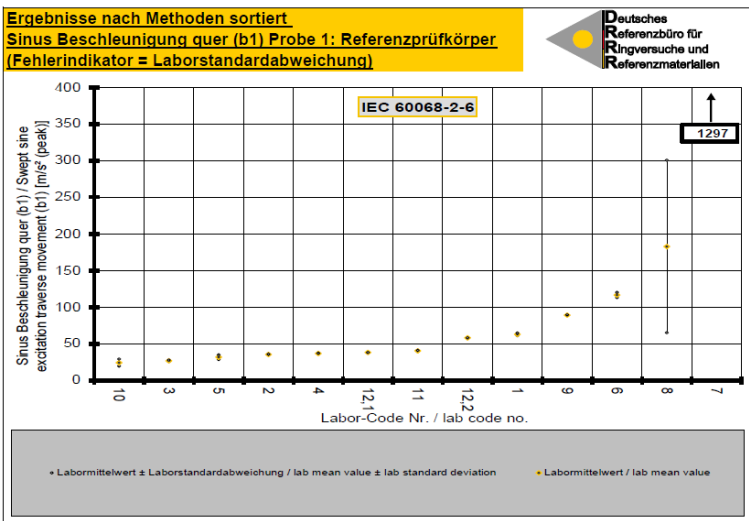
# Ergebnisse Sinus Beschleunigung (2023)



- ▶ Datensätze mit „normaler“ Statistik auf Grundlage einer Normalverteilung nicht auswertbar

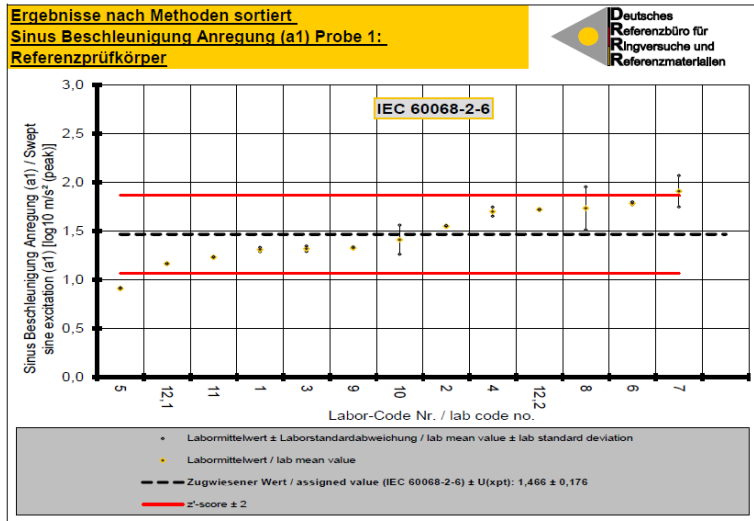
Lösung:

- ▶ Nutzung vom dekadischen Logarithmus ( $\log_{10}$ ) für die Auswertung





# Ergebnisse Sinus Beschleunigung (2023)



- ▶ Die logarithmierten Daten zeigen eine gute Normalverteilung
- ▶ Die statistischen Modelle sind wieder anwendbar

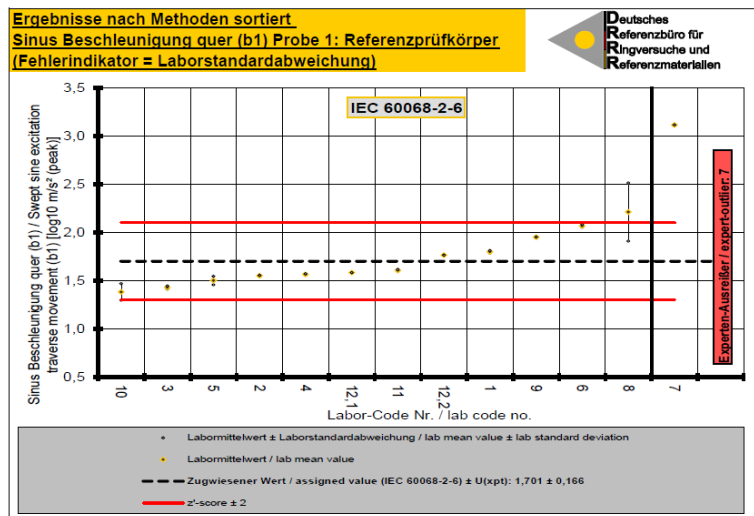
- ▶ Sinus Beschleunigung Anregung:

$$1,47 \pm 0,29 \text{ [log10 m/s}^2\text{]}$$

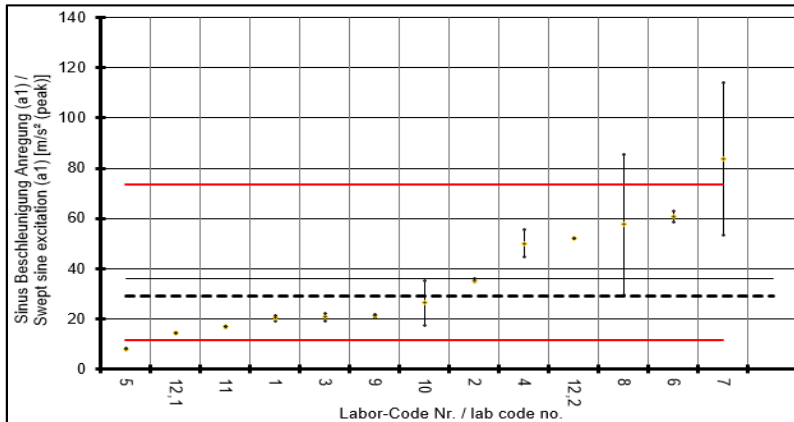
- ▶ Sinus Beschleunigung quer:

$$1,70 \pm 0,26 \text{ [log10 m/s}^2\text{]}$$

- ▶ Maximalwert: 0,2 log10 m/s<sup>2</sup>



# Ergebnisse Sinus Beschleunigung (2023)



- ▶ Werden die logarithmierten Daten zurückgerechnet ergeben sich folgende Intervalle:

- ▶ Sinus Beschleunigung Anregung [m/s² (peak)]:

Mittelwert: 29,2

Untergrenze: 11,6

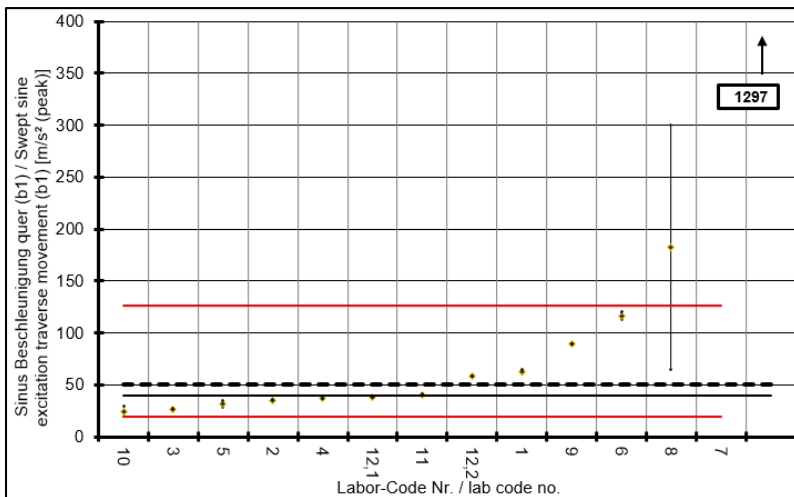
Obergrenze: 73,4

- ▶ Sinus Beschleunigung quer [m/s² (peak)]:

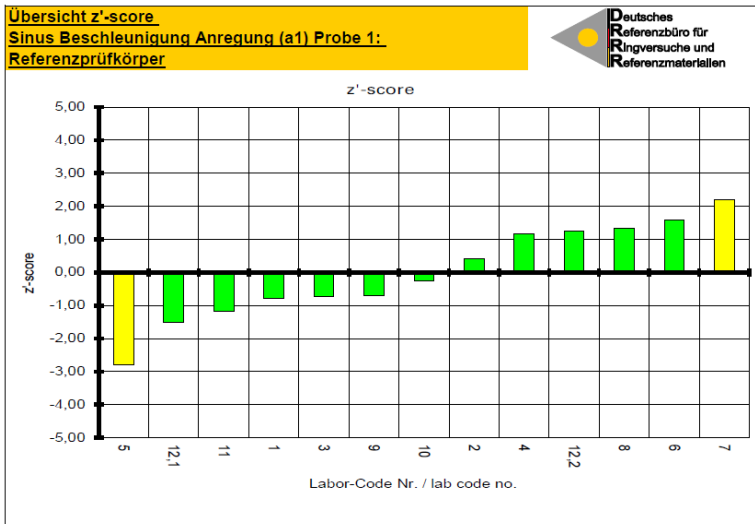
Mittelwert: 50,2

Untergrenze: 20,0

Obergrenze: 126,2



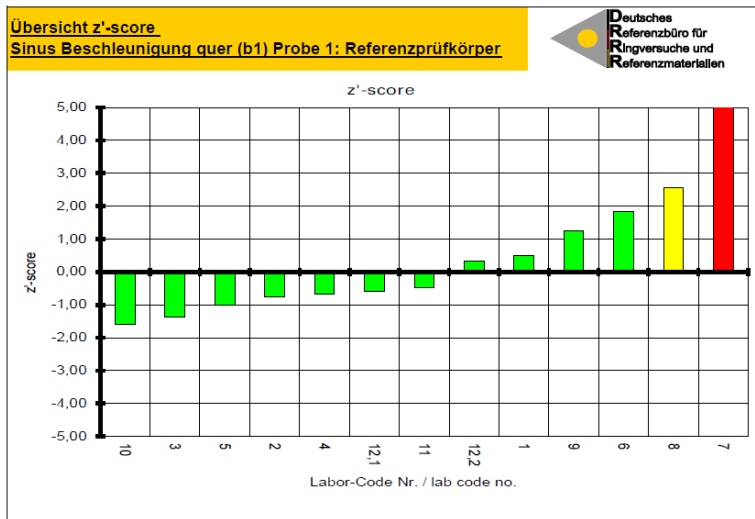
# Ergebnisse Sinus Beschleunigung (2023)



- ▶ Systematiken sehr gut erkennbar
  - ▶ Labore 6/7/8 hoch
  - ▶ Labor 5 tief

## Kraftvektor Shaker:

- ▶ Labor 5: 10 kN (min.)
- ▶ Labor 1: 80 kN (max.)
- ▶ Labor 6: 22 kN
- ▶ Labor 7: 66 kN
- ▶ Labor 8: 18 / 38 kN



# Ergebnisse Beschleunigung Anregung

## Vergleich der Beschleunigungen:

Parameter	2022	2023
Sinus Beschleunigung Anregung (log10) – log10 m/s <sup>2</sup> (peak)	1,31 ± 0,16	1,47 ± 0,29
Sinus Beschleunigung Anregung (zurück) - m/s <sup>2</sup> (peak)	20,5 9,7 – 43,6	29,2 11,6 – 73,4
Rauschen Beschleunigung Anregung (log 10) - log10 m/s <sup>2</sup> (peak)	0,64 * ± 0,33	1,11 * ± 0,54
Rauschen Beschleunigung Anregung (zurück) - m/s <sup>2</sup> (peak)	4,37 1,7 – 11	12,8 3,2 – 50,9

\* Rote Markierung = keine Laborbewertung

# Ergebnisse Beschleunigung quer

## Vergleich der Beschleunigungen:

Parameter	2022	2023
Sinus Beschleunigung quer (log10) – log10 m/s <sup>2</sup> (peak)	1,54 * ± 0,34	1,70 ± 0,26
Sinus Beschleunigung quer (zurück) - m/s <sup>2</sup> (peak)	34,4 13,7 – 86,4	50,2 20,0 – 126,2
Rauschen Beschleunigung quer (log 10) - log10 m/s <sup>2</sup> (peak)	0,62 * ± 0,29	0,42 * ± 0,79
Rauschen Beschleunigung quer (zurück) - m/s <sup>2</sup> (peak)	4,2 1,1 – 16,1	2,6 0,7 – 10,4

\* Rote Markierung = keine Laborbewertung

# Zusammenfassung der Ergebnisse

- ▶ Die Bestimmung von Resonanzfrequenzen ist in den Laboren mit gut vergleichbaren Ergebnissen möglich, egal welches Verfahren (messtechnisch oder optisch)
- ▶ Mit dem vorhandenen Prüfaufbau sind zum Parameter Schock ebenfalls sehr gut vergleichbare Ergebnisse ermittelbar, ein neuer Ringversuch mit einem Prüfkörper wird diesen Parameter im Jahr 2024 noch detaillierter beleuchten
- ▶ Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zur Sinus Beschleunigung (Anregung und quer) ist ebenfalls gegeben
- ▶ Die Messwerte zum Rauschen (Anregung und quer) sind mit sehr großen Streuungen behaftet, auch bedingt durch die geringen Messwerte, größtenteils  $< 10 \text{ m/s}^2 \text{ peak}$

# Ausblick 2024

## Folgende Ringversuche werden in diesem Jahr starten:

- ▶ 3 Runden Schwingung - Vibration IEC 60068-2-6, -2-64
- ▶ 1 Runde Schock IEC 60068-2-27 (ausgebucht!)
- ▶ 1 Runde Temperaturwechsel - Prüfung N IEC 60068-2-14 (nur noch wenige Plätze)
- ▶ 1 Runde Feuchte Wärme und Temperatur-Feuchte, zyklisch IEC 60068-2-30, -2-38 (ausgebucht!)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Für weitere Informationen können Sie uns gerne kontaktieren, oder besuchen Sie unsere Website!**

DRRR GmbH  
Reinhartser Straße 31  
D-87437 Kempten  
Germany

Fon: +49 (0) 831/960 878-0  
Fax: +49 (0) 831/960 878-99  
E-Mail: [info@DRRR.de](mailto:info@DRRR.de)

Website: [www.DRRR.de](http://www.DRRR.de)