



## Anmerkungen zu DIN EN 60068-2-64 (2020-09), IEC 60068-2-64 (2019-10)

### Prüfung Fh: Schwingen, Breitbandrauschen (digital geregelt) und Leitfaden

#### Vorwort

Die GUS-A 60068-x-y Serie von Anmerkungen zu den DIN EN / IEC 60068-x-y Normen wird im Rahmen des Arbeitskreises zur IEC 60068er Normenreihen (AK 68) der Gesellschaft für Umweltsimulation e.V. (GUS) erarbeitet. Basis der Arbeit ist die deutsche DIN EN Version der Normen. Hauptziel des Arbeitskreises ist die eigene Weiterbildung in Form von Durcharbeiten und Diskussion der einzelnen Normen. Die dabei entstehenden Anmerkungen können verschiedenster Natur sein: z.B. Kommentare, Interpretationen, Aufdecken von inhaltlichen Fehlern/Schwächen oder von Übersetzungsfehlern.

Festgehalten werden in der Regel nur Punkte, bei denen etwas unklar erschien oder etwas Bemerkenswertes auffiel. Nicht immer kann bei Interpretationen Einigkeit erzielt werden. Bis zu einem gewissen Grad sind die Anmerkungen vom Erfahrungshintergrund bestimmt, den die Teilnehmer des jeweiligen Treffens hatten. Die Anmerkungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Für die Korrektheit der Anmerkungen kann keine Garantie übernommen werden. Für das Verständnis der Anmerkungen ist die parallele Lektüre der jeweiligen Norm unerlässlich.

Die Anmerkungen zur DIN EN 60068-2-64 (2020-09) wurden erarbeitet in Treffen des AK68 am 13./14.11.2019, 01./02.12.2021, 06.04.2022 und 04./05.05.2022.

Über die GUS: Die Gesellschaft für Umweltsimulation e.V. wurde 1969 gegründet. Sie ist die Fachorganisation von Personen, Institutionen und Firmen, die auf dem Gebiet der Umweltsimulation arbeiten. Die GUS fördert gemeinnützig die Entwicklung der Umweltsimulation, z.B. durch fachlichen Austausch. Sie veranstaltet zu diesem Zweck Tagungen, Seminare und bildet Arbeitskreise. Sie vermittelt Kontakte zu Umweltlabors sowie zwischen Anwendern und Herstellern von Umweltsimulationseinrichtungen und der damit verbundenen Meßtechnik. Mitglieder der GUS halten Fort- und Weiterbildungskurse und wirken in Fachausschüssen mit. Die Mitglieder und ihre Repräsentanten wirken ehrenamtlich. Die GUS finanziert sich durch Beiträge und Spenden.

Copyright der Anmerkungen: Gesellschaft für Umweltsimulation e.V. Alle Rechte vorbehalten.

Kontakt: AK68@gus-ev.de

DIN EN 60068-2-64: 2020		Prüfung Fc: Schwingen (sinusförmig)
Einleitung	H H	Absatz 1: „Abweichungen sind zulässig, ...“ -> Eine gewisse Flexibilität wird zugelassen. Absatz 5: „Wölbung“ -> Engl. „kurtosis“
1. Anwendungsbereich		
2. Normative Verweisungen		
3. Begriffe		
3.1 Querbewegung		
3.2 tatsächliche Bewegung (en: actual motion)	E	Besser „Wandler“ statt „Messfühler“, wie auch in IEC 60068-2-6; im Englischen sind beide Normen gleich: reference point transducer
3.3 Befestigungspunkt		
3.4 Regelungsarten		
3.4.1 Einzelpunktregelung (en: single point control)	E	Besser „Wandler“ statt „Messfühler“
3.4.2 Mehrpunktregelung (en: multipoint control)	E E H	Besser „Wandler“ statt „Messfühler“ In Anmerkung letzter Satz: „Siehe auch 3.9“ -> im Englischen wird hier sinnvollerweise auf 3.13 verwiesen. Die Mehrpunktregelung ist nur bei einem Prüfling sinnvoll. Wird sie bei mehreren Prüflingen angewendet, kann dies dazu führen, dass einige Prüflinge über- oder unterbelastet werden.
3.5 $g_n$	A	10 m/s <sup>2</sup> -> gegenüber 9,81 m/s <sup>2</sup> ca. 2 % Fehler. Angesichts der weiteren Einflüsse auf den Beschleunigungsaufnehmer (Temperatur, Frequenzabhängigkeit) und überhaupt der Unwägbarkeiten bei der Vibration fallen die 2 % nicht groß ins Gewicht.
3.6 Messpunkte		
3.7 Kontrollpunkt (en: check point)	E E	Anmerkung 2, „Sollte dies der Fall <b>ist</b> , ...“ -> „sein“ Anmerkung 2, letztes Wort: „können“ -> Übersetzungsfehler -> streichen; im Englischen „to be used“ -> es <u>muß</u> so sein.
3.8 Bezugspunkt		
3.9 fiktiver Bezugspunkt		
3.10 Messpunkte für die Antwort		
3.11 bevorzugte Prüfachsen (en: preferred testing axes)	H H	Drei orthogonale / anfälligste Achsen: das kann ein Widerspruch sein, wenn die drei anfälligsten Achsen nicht orthogonal sind. Die drei anfälligsten Achsen müssen nicht notwendigerweise die offensichtlichen Raumachsen der Bauform des Prüflings sein. Alternative: Verweis auf die Einbaulage.
3.12 Abtastfrequenz		
3.13 Mehrpunkt- Regelungsstrategie		
3.14 Mittelung		

3.15 Extremwert		
3.16 Scheitelfaktor (en: crest factor)	H	Scheitelfaktor = oder auch Spitzenfaktor Scheitelwert = oder auch Spitzenwert
3.17 -3db-Bandbreite		
3.18 spektrale Beschleunigungsdichte ASD		
3.19 Regelsignal der spektralen Beschleunigungsdichte		
3.20 Regelkreis (en: control system loop)	E	Beschreibung sehr knapp und unter Umständen nicht vollständig. Auch im Englischen wird kein Regelkreis beschrieben; -> Evtl. besser „Regelung“ (engl. control system)
3.21 Spitzenwertbegrenzung (en: drive signal clipping)	T	"... des wirksamen Frequenzbereichs des Steuersignals." -> fachlich falsch, auch im Englischen -> "... des Steuersignals im wirksamen Frequenzbereich."
3.22 wirksamer Frequenzbereich (en: effective frequency range)	H	Der Begriff „wirksamer Frequenzbereich“ wird nur hier definiert, taucht im restlichen Dokument jedoch außer in 3.21 nirgends mehr auf!
3.23 Abweichung der spektralen Beschleunigungsdichte		
3.24 Angleichung		
3.25 Abfall des Spektrums (en: final slope)	E	Unglückliche Übersetzung -> besser „Abschlussrampe“ oder ähnlich
3.26 Filterbandbreite $B_e$ (en: frequency resolution)	E	Übersetzungsfehler. Engl. "frequency resolution" ist eigentlich etwas anderes -> im Deutschen besser „Frequenzauflösung“
3.27 angezeigte spektrale Beschleunigungsdichte		
3.28 Anstieg des Spektrums (en: initial slope)	E H	Unglückliche Übersetzung -> besser „Anfangsrampe/Anfangsanstieg“ oder ähnlich. Wird im Spektrum nicht aktiv festgelegt. Kann aber wichtig sein mit rein zu nehmen, um "versehentliches" Aussteigen des Shakers wegen zu großem Weg zu vermeiden.
3.29 instrumentelle Abweichung		
3.30 zufällige Abweichung (en: random error)	H	Fehler entsteht durch die Begrenzung der Mittelungsdauer und der Filterbandbreite. Es ist keine 100%ige Regelung möglich, da die Regelungszeit zu lang wird. Bei einer unendlich langen Mittelungszeit ginge der Fehler gegen Null.
3.31 Block		
3.32 Vergleichspräzision		
3.33 Effektivwert		
3.34 Standardabweichung $\sigma$ (en: standard deviation)	H	„Bei einem stochastischen Zeitverlauf entspricht die Standardabweichung daher dem Effektivwert“

		-> Ergibt sich aus der gaussförmigen Verteilung der Amplituden.
3.35 statistische Genauigkeit		
3.36 statistischer Freiheitsgrad DOF		
3.37 Prüffrequenzbereich (en: test frequency range)	E	Definition könnte besser sein -> „ ..., in dem die spektrale Beschleunigungsdichte vorgegeben ist“
3.38 wahre spektrale Beschleunigungsdichte		
3.39 Wölbung	E	Zweite „Anmerkung 1“ -> „Anmerkung 2“
3.40 Schiefe		
3.41 Beta-Verteilung	H	Die definierte Beta-Verteilung taucht anschließend nur noch im Anhang C2.2 wieder auf und ist ansonsten nicht relevant.
4. Anforderungen an die Prüfung		
4.1 Allgemeines	E E	Letzter Abschnitt: Übersetzungsfehler: „..., <b>darf</b> von der Einzelvorschrift keine Untersuchung gefordert werden“; Engl. „may not“ -> „..., muss ... keine ...“ oder „... muss nicht unbedingt ...“ Letzter Satz „...rauschförmige Schwingungen mit erhöhtem Crest-...“ ungenaue Übersetzung (Engl. „but with“) -> „jedoch mit“.
4.2 Grundbewegung	H	„im Wesentlichen“ sollte aufgefasst werden als „nach Besten Wissen und Gewissen und in Absprache mit dem Auftraggeber“. Der Punkt wird nirgendwo in der Norm ausdrücklich behandelt. Man könnte evtl. 3 dB als Kriterium verwenden, welches auch an anderer Stelle in der Norm auftritt. Es gibt in der Norm kein Kriterium wie „gut“ der leere Shaker diesbezüglich sein muss (sicherlich „besser“ als mit Prüfling).
4.3 Querbewegung	H H	Erster Absatz, letzte Zeile: „... unter Nutzung zusätzlicher Kanäle statt“. -> Engl. „monitoring channel“ -> zusätzliche, noch freie Kanäle des Regelsystems Dritter Absatz: „Für einige Frequenzen oder bei großen oder schweren Prüflingen kann es schwierig sein, diese Werte einzuhalten.“ -> Gibt die Flexibilität um auf die Realität Rücksicht zu nehmen.
4.4 Montage	A	Bezug unklar. DIN EN 60068-2-47 (2006) enthält nur Kurven für Verpackungsmaterialien. Es muss auch nicht immer eine Kurve für das Übertragungsverhalten herangezogen werden.

		Auch der Bezug zum Kapitelnamen „Montage“ ist nicht offensichtlich.
4.5 Messsysteme	E  T  E	Zweiter Abs.: „Das Beschleunigungsspektrum ...“ (zweimal); unglückliche Übersetzung (Engl. „frequency response“)-> besser „der Frequenzgang/die Frequenzantwort“ Bild 1: Die +6dB/oct und -24 dB/oct kommen vermutlich aus der Zeit der analogen Regler. Bei digitalen Reglern kann das nicht beeinflusst werden. Bild 1: fa und fb sollten irgendwo definiert werden.
4.6 Grenzabweichungen		
4.6.1 Spektrale Beschleunigungsdichte und Effektivwert	E  H	Erster Absatz, letzte Zeile: „... innerhalb $\pm 3$ B, ...“ -> „... $\pm 3$ dB ...“ Letzter Absatz: siehe auch Anmerkungen zu 3.25, 3.28 und 4.5 Bild 1
4.6.2 Verteilung	E  H  H  E  H	Erster Absatz: „Bei der üblichen <b>Systemkalibrierung</b> ...“; -> besser „Systemüberprüfung (auch im Engl.) Kalibrierung ist/macht etwas anderes.“ Zweiter Absatz: „Spitzenwertbegrenzung“ -> Die 2,5 gelten auch als Untergrenze für die Einzelspezifikation. Wenn keine Einzelspezifikation, dann mindestens 3. Letzter Absatz: „Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion“ -> Wird mit aktuellen Reglern nicht berechnet „Bild 2 – Stochastische Anregung“ unvollständige Übersetzung -> „Zeitverlauf der stochastischen Anregung“. Letzter Absatz „...muss der Zeitverlauf aufgezeichnet...“ -> Der Zeitverlauf muss vorhanden sein für den Fall, dass eine spätere Analyse notwendig ist.
4.6.3 Statistische Genauigkeit	H  E	Formel unter erstem Absatz: $N_d = 2 \cdot \text{Anzahl der Mittelungen über einen Block}$ ( $B_e = \Delta f$ , $T_a = \text{Anz d. M} \cdot T_B$ , $T_B = 1 / \Delta f$ , $T_B$ Zeit für Block) Begriffserklärung unter Formel: „Filterbandbreite“ -> besser „Frequenzauflösung“ (siehe 3.26)
4.6.4 Filterbandbreite	E  H	Überschrift: „Filterbandbreite“ -> besser „Frequenzauflösung“ Begriffserklärung unter Formel: „...ist $f_{\text{high}} \geq 2 f_2$ , siehe Bild 1.“ -> Faktor 2 ist nur theoretisch, in der Praxis Faktor 2,56 (sonst Fehler in höherem Frequenzbereich).

	E	Zweiter Absatz: „Die Filterbandbreite muss in der Einzelbestimmung enthalten sein und im Prüfbericht angegeben werden (siehe Abschnitt 11, Punkt j)).“ -> In Kapitel 12 steht, dass Filterbandbreite nur dann im Prüfbericht stehen muss, wenn es die Einzelbestimmung vorschreibt.
	E	Dritter Absatz: „B <sub>e</sub> muss so gewählt werden, dass als Mindestanforderung eine Frequenzlinie mit <b>f<sub>2</sub></b> übereinstimmt ...“ -> falsch im Deutschen => f <sub>1</sub>
	H	Dritter Absatz: „...so dass zwei Frequenzlinien den Anstieg des Spektrums festlegen.“ -> Das suggeriert, dass die Rampe bestimmt wird. Der Wert des Anstiegs wird im Regelsystem jedoch nicht eingestellt.
	H	Anmerkung: „... eine geringere Filterbandbreite ..“ -> bedeutet eine höhere Frequenzauflösung
4.7 Regelungsstrategie		
4.7.1 Einzel-/Mehrpunktregelung		
4.7.1.1 Strategie zur Mittelung		
4.7.1.2 Strategie zur gewichteten Mittelung (en: weighted average strategy)	E	Erster Absatz: „... Kontrollpunkte a <sub>1</sub> bis <b>an</b> ...“ -> „a <sub>n</sub> “
	E	Formelnummerierung: „ <b>(4)</b> “: -> Eine Formel "(3)" gibt es jedoch nicht, muss also Gleichung „(3)“ heißen
4.7.1.3 Extremstrategie		
4.7.2 Regelung mit mehreren Bezugsspektren	H	Überschrift: -> D.h. für die verschiedenen Kontrollpunkte haben verschiedene Soll-Spektren für die Anregung.
4.8 Untersuchung der Schwingungsantwort		
5 Prüfschärfegrade		
5.1 Prüffrequenzbereich		
5.2 Effektivwert der Beschleunigungsdichte		
5.3 Kurvenverlauf der spektralen Beschleunigungsdichte		
5.4 Prüfdauer	A	„oder ist der folgenden Reihe zu entnehmen“ ungenauere Übersetzung, besser „kann entnommen werden“
6 Vorbehandlung		
7 Anfangsmessungen		
8 Prüfung		
8.1 Allgemeines		

8.2 Anfangsuntersuchung der Schwingungsantwort	A	Abschnitt 4: Es wäre besser, wenn die Grenzwerte als Richtwerte definiert wären, um die Untersuchung nicht zu sehr zu begrenzen. Im letzten Satz wird jedoch noch abgeschwächt, dass die Schwingungsamplitude verändert werden darf, falls notwendig.
	H	Letzter Abschnitt: Die kritischen Frequenzen sind im Prüfbericht zu dokumentieren, auch wenn in es Kapitel 12 nicht explizit auftaucht.
8.3 Geringe Anregung für eine Angleichung vor der Prüfung		
8.4 Schwingungsprüfung mit rauschförmiger Anregung		
8.4.1 Allgemeines	A	Abs. 1 „mehrfach Messungen der spektralen Beschleunigungsdichte“ -> wird selten explizit gefordert, aber meist sowieso gemacht
	E	Bild 5 (re. unten): „Gaußische Normalverteilung“ -> „Gaußsche Normalverteilung“
8.4.2 Zwischenmessung und Funktionsüberprüfung		
8.5 Abschließende Untersuchung der Schwingungsantwort		
9 Nachbehandlung		
10 Endmessung der Funktionsüberprüfung		
11 Angaben in der Einzelbestimmung		
12 Angaben im Prüfbericht	E	10) „Anordnung der Messfühler“ -> unpräzise Übersetzung (engl: sensor location) -> besser: "Position der Messfühler"
	E	11) einmal „Einzelbestimmung“ reicht
	E	12) „(Mehrpunktregelung, Regelung mit mehreren Bezugsspektren, SUM- oder MAX-Strategie)“ -> falsche Übersetzung, engl. "single/multipoint control, multi reference control" -> "Einzel-/Mehrpunktregelung, Regelung mit mehreren Bezugsspektren"
Anhang A (informativ) Standard Prüfspektren A.1 – A.4	A	Eine knappe beispielhafte Auflistung, welche Normen es für welchen Bereich gibt, wäre übersichtlicher und würde genügen. Im Einzelfall muss man sowieso die genannten Normen betrachten, da diese weitere Fallunterscheidungen enthalten.
	H	Normen im ersten Absatz: MIL-STD 810 und RCTA DO-160 nicht im aktuellen Stand
	E	Bild A.1 ..Y-Achsenbezeichnung: Beschleunigungsdichte: Besser wäre PSD statt ASD, um Verwechslungen zu vermeiden.

		PSD und ASD werden aber oft als synonyme Begriffe verwendet.
Anhang B (informativ) Leitfaden B.1 Allgemeine Einführung	A T H H H E H	zu Abs. 1, letzter Satz: stammt vermutlich noch aus der „analogen Zeit“. zu Abs. 2, Satz 1: Die Erfahrung zeigt, dass es deutliche Unterschiede im „Leistungsvermögen der meisten digitalen Schwingungsregel-einrichtungen“ geben kann. zu Abs. 3: „Statistische Genauigkeit“ s.a. Bild 3 in Abs. 4.6.3 „Dabei werden keine anderen Quellen der Unsicherheit berücksichtigt als die in ISO/IEC 17025,“ -> Inhaltlicher Fehler -> die ISO/IEC 17025 gibt keine Quellen für die Unsicherheit an. „Spitzenwertbegrenzung“ typischerweise 3-sigma „Filterbandbreite“ unklar, Bezug zum Gleitsinus? od. ist Linienzahl in Bezug auf gesamten Prüffrequenzbereich gemeint? Vermutl. Übersetzungsfehler? (eng. "frequency resolution") zu Abs. 5: Untersuchung der Schwingungsantwort: Überprüfung, dass Prüfvorrichtung im Prüffrequenzbereich resonanzfrei ist, insbesondere auch in den beiden nicht angeregten Achsen (3-Achs-Aufnehmer). Um Resonanzen in der Prüfvorrichtung zusätzlich zu Resonanzen im Prüfling auszuregulieren, ist ein hoher Dynamikumfang des Schwingsystems und Reglers erforderlich. Noch besser: Die Aufspannvorrichtung muss im Prüffrequenzbereich möglichst resonanzfrei sein (auch in Querrichtung).
B.2.1	H	„Für große Prüflinge wird Multipunktregelung mit fiktivem Bezugspunkt empfohlen.“ -> also Multipunktregelung
B.2.1.1	E	Übersetzungsfehler „einer jeden Frequenz“ -> engl. "ASD"
B.2.1.2.1	H	„Die arithmetisch gemittelte spektrale Beschleunigungsdichte“ -> Bei der Mittelung können mit heutigen Geräten einzelne Kanäle unterschiedlich gewichtet werden.
B.2.1.2.2	H	Es wird entweder die obere oder untere Einhüllende zum Regeln verwendet, d. h. der Prüfling wird mindestens bzw. maximal mit dem Sollsignal belastet. Dadurch kann der Prüfling an einigen Stellen deutlich unter- oder übertestet werden.

		Zusätzlich sollte die Produktantwort mit einbezogen werden.
B.2.2.1	H	Nur Kurtosis = 3 entspricht Gaußscher Verteilung
B.2.2.2	H	3-sigma bezieht sich nur auf das Drive-Signal des Reglers Hardclipping ist oft ungünstig, da Oberwellen entstehen können, deswegen wird häufig Softclipping eingesetzt, bei dem das Clipping „abgerundet“ wird, um Oberwellen zu vermeiden (die Auswirkungen auf den Prüfling haben können, wenn er dort zufällig Resonanzen hat) üblicherweise geben die Reglerhersteller zum Softclipping keine Details bekannt 2,5-sigma: 98,74 % aller Amplitudenwerte werden geprüft
B.2.3	E E A E	„nur mit einem Anstieg und einem Abfall des Spektrums ... “ unglückliche Übersetzung für „initial and final slope“ „sollten Anstieg und Abfall ...“ besser „Flanken“ Festlegung: $\geq 6$ dB zulässig, zusätzlich gibt es die Hilfestellung, bei Problemen mit hohen Auslenkungen bei niedrigen Frequenzen diese Freiheit zu nutzen ( $0,5 \cdot f_1$ bis $f_1$ ) Bei großen Sprüngen im Sollspektrum kann das Toleranzband aufgeweitet werden, um die real erreichten Werte einzuschließen. „der zulässigen Abweichung“ = Toleranz
B.3	H	Die Dauer der Belastung ergibt sich aus dem Zweck: a) Nachweis, dass Funktion während des Schwingens gegeben ist → Dauer so lange wählen, dass die Funktion vollständig geprüft werden kann (z.B. Dauer eines Selbsttestzykluses) b) Lebensdauertest → Dauer bis zum Erreichen z.B. der geforderten Lastwechselzahl
B.4.2	A	z.B. extra Temperaturprofil mit verkürzter Kaltlagerphase für Prüflinge mit Dämpfern in neuer ISO 16750-3, s.u.
Anhang C (informativ) Leitlinien für Prüfungen ohne Gaußsche Normalverteilung/ hohe Wölbung	A	Grundsätzliche Anmerkung zur Kurtosis: Untersuchungen zeigen, dass verschiedene Regelsysteme Probleme bei der Erzeugung der Kurtosis haben. Es kann vorkommen, dass der Wert in der Software korrekt angezeigt wird, obwohl eine Messung mit unabhängigem Messsystem etwas anderes ergibt. Beim Kauf einer Kurtosis-Option für das Regelsystem sollte man sich vom Hersteller vor Ort nachmessen

	H	lassen, dass das Signal korrekt erzeugt werden kann. „Wölbung“ = engl. Kurtosis
C.1		
C.2	E	Überschrift: zur Erzeugung <u>von</u> nicht-G. ... oder zur Erzeugung nicht-Gaußscher rauschförmiger Schwingungen
C.2.1	H  H	„und unterschiedliche Methoden können unterschiedliche Fehlerarten stimulieren“ soll heißen: Ein reproduzierbares Prüfergebnis kann schwierig sein. Letzter Satz „und den Merkmalen der geforderten Wellenform ab“ -> i.a.R. dürfte es eine Anforderung an die Wellenform nicht geben.
C.2.2		
C.2.3		
C.2.4		
C.3		
C.4		

E: Editorialer Fehler (meist Übersetzungsfehler)

T: Technischer Fehler

H: Hinweis, Hilfestellung für den Normenanwender

A: Anmerkung, Kommentar