

E DIN 45660-2:2024-02 (D)

Erscheinungsdatum: 2024-01-19

Unsicherheit in der Akustik und Schwingungstechnik - Teil 2: Unsicherheit schwingungstechnischer Größen

Inhalt	Seite
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich.....	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Aufgabenstellungen für Unsicherheitsbetrachtungen bei Schwingungsmessungen	15
5 Einflussgrößen als Quellen der Unsicherheit bei Messungen im Arbeits- und Immissionsschutz.....	16
5.1 Allgemeines, Ziel der Messung.....	16
5.2 Messobjekt.....	17
5.2.1 Allgemeines	17
5.2.2 Schwingungsquelle	17
5.2.3 Probanden	17
5.2.4 Umgebung.....	18
5.2.5 (Arbeits-)Prozess	18
5.3 Messdurchführung.....	18
5.3.1 Allgemeines	18
5.3.2 Messstrategie.....	19
5.3.3 Messgeräte und Messpersonal.....	19
6 Auswertung (Ermittlung der Unsicherheit).....	20
6.1 Ermittlung der Unsicherheit durch mathematische Modellbildung.....	20
6.2 Ermittlung der Unsicherheit aus Ringversuchen.....	21
6.3 Ermittlung (Abschätzung) der Unsicherheit aus Erfahrungswerten.....	22
6.3.1 Allgemeines	22
6.3.2 Eingangsdaten für Abschätzungen.....	22
7 Ergebnisdarstellung	23
8 Verwendung der Unsicherheit.....	26
8.1 Allgemeines.....	26
8.2 Verwendung der Unsicherheit bei Vergleichen.....	26
Anhang A (informativ) Unsicherheit bei der Messung von Hand-Arm-Vibrationen am Arbeitsplatz — Beispiel zur Ermittlung der Messunsicherheit der Vibrationsexposition bei tätigkeitsbezogenen Messungen nach DIN EN ISO 5349-2.....	29
A.1 Einleitung.....	29
A.2 Grundlagen der Berechnung.....	29
A.2.1 Allgemeines	29
A.2.2 Einflussfaktoren	29
A.2.3 Unsicherheit unter Wiederholbedingungen (Ermittlungsmethode A).....	30
A.2.4 Unsicherheit der Messgeräte (Ermittlungsmethode B).....	32
A.2.5 Unsicherheit aufgrund der Wahl der Messpunkte und der Ankopplung (Ermittlungsmethode B)	33
A.2.6 Unsicherheit durch Einfluss der Messstelle (Messstellenstreuung nach Ermittlungsmethode B).....	33

A.2.7	Übertragbarkeit der Ergebnisse auf vergleichbare Arbeitsplätze (Ermittlungsmethode B)	33
A.3	Beispiel zur Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung und der Messunsicherheit für tätigkeitsbezogene Messungen	34
A.3.1	Schritt 1: Arbeitsanalyse	34
A.3.2	Schritt 2: Auswahl der Messstrategie	34
A.3.3	Schritt 3: Berechnung und Darstellung der Ergebnisse und der Wiederholstandardabweichung (Praxisbeispiel nach Ermittlungsmethode A).....	34
A.3.4	Schritt 4 und alle weiteren nach Ermittlungsmethode B	36
Anhang B (informativ) Beispiel zur Ermittlung der Messunsicherheit bei Emissionsmessungen an handgehaltenen und handgeführten Maschinen		41
Anhang C (informativ) Beispiel zur Ermittlung der Messunsicherheit im Bereich Immissionsschutz.....		45
C.1	Einleitung.....	45
C.2	Modellbildung	45
C.2.1	Mathematisches Modell	45
C.2.2	Sensitivitätskoeffizienten und kombinierte Standardunsicherheit.....	46
C.2.3	Erweiterungsfaktor und erweiterte Unsicherheit.....	46
C.2.4	Streuung der Eingangsgrößen	46
C.2.5	Gesamtmodell.....	48
C.2.6	Abweichungen in der Einkopplung bei Messungen innerhalb von Gebäuden	49
C.2.7	Einflussgrößen in der Messkette.....	49
C.3	Unsicherheitsbilanz.....	50
C.4	Beispiel: Erschütterungsmessung	51
C.4.1	Ermittlung der Beurteilungsgrößen und der zugeordneten Unsicherheiten.....	51
C.4.2	Zahlenbeispiel	54
Anhang D (informativ) Beispiel für die Ermittlung der Unsicherheit im Bereich Maschinenschwingungen		58
D.1	Einleitung.....	58
D.2	Gesamtmodell.....	58
D.2.1	Allgemeines.....	58
D.2.2	Abweichungen bei der Einkopplung $\Sigma X_{\text{Verfahren}}$	59
D.2.3	Einflussgrößen in der Messkette $\Sigma X_{\text{Messkette}}$	59
D.3	Unsicherheitsbilanz.....	60
Anhang E (informativ) Mathematische Modelle und Monte-Carlo-Simulationen zur kombinierten Standardunsicherheit an Beispielen aus dem Arbeitsschutz		62
E.1	Einleitung.....	62
E.2	Probleme bei mathematischen Modellen.....	62
E.2.1	Allgemeines.....	62
E.2.2	Erstes Beispiel: Effektivwerte von Beschleunigungen	63
E.2.3	Zweites Beispiel: Divisionen.....	64
E.3	Anpassungen im mathematischen Modell	65
E.3.1	Allgemeines.....	65
E.3.2	Die Log-Normalverteilung.....	65
E.3.3	Produktmodell.....	67
E.3.4	Vergleich der Modelle für a_w	68
E.4	Programmcode.....	70
E.4.1	Allgemeines.....	70
E.4.2	Mögliche Erweiterungen des Programmcodes.....	73
Anhang F (informativ) Beispiel zur Ermittlung der erweiterten Messunsicherheit bei Emissionsmessungen an handgehaltenen und handgeführten Maschinen im Rahmen von Ringversuchen.....		75
F.1	Einleitung.....	75
F.2	Grundlagen und Rahmenbedingungen	75
F.3	Weitere Hinweise aus der DIN ISO 5725 Normenreihe	76

F.4	Beispielhafte Anwendung: Forschungsbericht BAuA Fb 830 [1]	76
F.5	Beispielhafte Anwendung: Berechnungen der Messunsicherheit.....	77
Anhang G (informativ) Typische Fehler am Beispiel von Messungen am Arbeitsplatz		79
Literaturhinweise		82

Bilder

Bild 1	— Beispiel zur Erläuterung zum Erweiterungsfaktor: Aus der exemplarischen Darstellung der Verteilung der Messwerte wird über Mittelwert und Varianz die Form der angenommenen Verteilungsdichtefunktion geschätzt, woraus sich der notwendige Erweiterungsfaktor k ergibt, um die Überdeckungswahrscheinlichkeit p zu erreichen	26
Bild 2	— Beispiel zur Vermeidung einer Entscheidungsunsicherheit.....	28
Bild E.1	— Beispiel aus dem Bereich Ganzkörper-Vibrationen	64
Bild E.2	— Differenz aus erwarteten und simulierten Werten ($M = 10^6$ Werte) für $\alpha_w = 0,50/s^2$ und $T = 6$ h.....	66
Bild E.3	— Beispiel für das Produktmodell mit drei Einflussgrößen.....	68
Bild E.4	— Vergleich verschiedener Modellansätze	70

Tabellen

Tabelle 1	— Typische Budgetanteile für Messungen der Vibration am Arbeitsplatz.....	16
Tabelle 2	— Darstellung der Einflussfaktoren für Unsicherheitsdaten bei Arbeitsplatzmessungen	23
Tabelle 3	— Erweiterungsfaktor für verschiedene Überdeckungswahrscheinlichkeiten bei ein- und zweiseitigen Tests bei einer Normalverteilung	24
Tabelle A.1	— Orientierungswerte der Messunsicherheitsbeiträge.....	30
Tabelle A.2	— Beispiel einer Messreihe	32
Tabelle A.3	— Mittelwert und Standardabweichung des Mittelwerts.....	34
Tabelle A.4	— Mit dem Bayes-Term korrigierte Werte	35
Tabelle A.5	— Mittelwert und korrigierte Standardabweichung des Mittelwerts	35
Tabelle A.6	— Expositionsdauer und ihre Unsicherheit	38
Tabelle B.1	— Beispielwerte zur Bestimmung der Messunsicherheit.....	41
Tabelle B.2	— Zusammenstellung der Einzelkomponenten der Standardunsicherheit nach Ermittlungsmethode A.....	42
Tabelle B.3	— Zusammenstellung der Einzelkomponenten der Standardunsicherheit nach Ermittlungsmethode B.....	42

Tabelle C.1 — Beispiel für die Berechnung der kombinierten Standardunsicherheit bei einer Immissionsmessung auf Decken in einem Gebäude auf Grundlage der Messgröße a_{eff} in m/s^2	50
Tabelle C.2 — KB -Werte und abgeleitete Größen	54
Tabelle C.3 — Unsicherheitsbeiträge für die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT}	55
Tabelle C.4 — Anhaltswerte nach DIN 4150-2 für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen	56
Tabelle D.1 — Beispiel für die Berechnung der kombinierten Standardunsicherheit bei einer Schwingungsmessung auf Grundlage der Messgröße v_{eff} in mm/s	60
Tabelle G.1 — Typische Fehler und wie man sie vermeidet	79