

DIN 45660-2:2024-11 (D)

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

Inhalt	Seite
Vorwort	5
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Aufgabenstellungen für Unsicherheitsbetrachtungen bei Schwingungsmessungen	15
5 Einflussgrößen als Quellen der Unsicherheit bei Messungen im Arbeits- und Immissionsschutz	15
5.1 Allgemeines, Ziel der Messung	15
5.2 Messobjekt	16
5.2.1 Allgemeines	16
5.2.2 Schwingungsquelle	17
5.2.3 Probanden	17
5.2.4 Umgebung	17
5.2.5 (Arbeits-)Prozess	18
5.3 Messdurchführung	18
5.3.1 Allgemeines	18
5.3.2 Messstrategie	18
5.3.3 Messgeräte und Messpersonal	19
6 Auswertung (Ermittlung der Unsicherheit)	19
6.1 Ermittlung der Unsicherheit durch mathematische Modellbildung	19
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 Allgemeines	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	42
Anhang C (informativ) Beispiel zur Ermittlung der Messunsicherheit im Bereich Immissionsschutz	46
C.1 Allgemeines	46
C.2 Modellbildung	46
C.2.1 Mathematisches Modell	46
C.2.2 Erweiterungsfaktor und erweiterte Unsicherheit	47
C.2.3 Streuung der Eingangsgrößen	47
C.2.4 Gesamtmodell	48
C.2.5 Abweichungen in der Einkopplung bei Messungen innerhalb von Gebäuden	49
C.2.6 Einflussgrößen in der Messkette	49
C.2.7 Sensitivitätskoeffizienten und kombinierte Standardunsicherheit	50
C.3 Unsicherheitsbilanz	50
C.4 Beispiel: Erschütterungsmessung	51
C.4.1 Ermittlung der Beurteilungsgrößen und der zugeordneten Unsicherheiten	51
C.4.2 Zahlenbeispiel	55
Anhang D (informativ) Beispiel für die Ermittlung der Unsicherheit im Bereich Maschinenschwingungen	59
D.1 Allgemeines	59
D.2 Gesamtmodell	59
D.2.1 Allgemeines	59
D.2.2 Abweichungen bei der Einkopplung ΣX Verfahren	60
D.2.3 Einflussgrößen in der Messkette ΣX Messkette	60
D.3 Unsicherheitsbilanz	61
Anhang E (informativ) Mathematische Modelle und Monte-Carlo-Simulationen zur kombinierten Standardunsicherheit an Beispielen aus dem Arbeitsschutz	62
E.1 Allgemeines	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 Allgemeines	75
F.2 Grundlagen und Rahmenbedingungen	75
F.3 Weitere Hinweise aus der Normenreihe DIN ISO 5725	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 $\bar{a}_w = 0,50 \text{ m/s}^2$ und $\bar{T} = 6 \text{ h}$	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	22
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	42
Tabelle B.2 — Zusammenstellung der Einzelkomponenten der Standardunsicherheit nach Ermittlungsmethode A	43
Tabelle B.3 — Zusammenstellung der Einzelkomponenten der Standardunsicherheit nach Ermittlungsmethode B	43
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	51
Tabelle C.2 — KB -Werte und abgeleitete Größen	55
Tabelle C.3 — Unsicherheitsbeiträge für die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTT}	56
Tabelle C.4 — Anhaltswerte nach DIN 4150-2 für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen	57
Tabelle D.1 — Beispiel für die Berechnung der kombinierten Standardunsicherheit bei einer Schwingungsmessung auf Grundlage der Messgröße v_{eff} in mm/s	61
Tabelle F.1 — Labor 1	77
Tabelle F.2 — Labor 2	77
Tabelle F.3 — Labor 3	77
Tabelle F.4 — Labor 4	78
Tabelle F.5 — Labor 5	78
Tabelle G.1 — Typische Fehler und wie sie vermieden werden	79