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

Erscheinungsdatum: 2024-01-19

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

inna	ιτ	Seite
Vorwo	ort	Sonal
Einlei	tung	
1		
_	· ·	
2	_	
3	Begriffe	8
4	Aufgabenstellungen für Unsicherheitsbetrachtungen bei Schwingungsmessungen	15
5	Einflussgrößen als Quellen der Unsicherheit bei Messungen im Arbeits- und	
	Immissionsschutz	
5.1		
5.2		
5.2.1 5.2.2		
5.2.2		
5.2.4		
5.2.5		
5.3		
5.3.1	Allgemeines	
5.3.2	Messstrategie	
5.3.3	Messgeräte und Messpersonal	
6	Auswertung (Ermittlung der Unsicherheit)	20
6.1		
6.2		
6.3	Ermittlung (Abschätzung) der Unsicherheit aus Erfahrungswerten	
6.3.1	Allgemeines	
6.3.2	Eingangsdaten für Abschätzungen	
7	Ergebnisdarstellung	<b>2</b> 3
8		
8.1	<u> </u>	
8.2	Verwendung der Unsicherheit bei Vergleichen	
	ng A (informativ) Unsicherheit bei der Messung von Hand-Arm-Vibrationen am	
<b>A.1</b>		
A.2	Grundlagen der Berechnung	
A.2.1	Allgemeines	
A.2.2	Einflussfaktoren	
A.2.3	Unsicherheit unter Wiederholbedingungen (Ermittlungsmethode A)	
A.2.4	Unsicherheit der Messgeräte (Ermittlungsmethode B)	
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	Ubertragbarkeit der Ergebnisse auf vergleichbare Arbeitsplatze	
	(Ermittlungsmethode B)	33
A.3	Beispiel zur Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung und der Messunsicherheit für	٠.
	tätigkeitsbezogene Messungen	
A.3.1	Schritt 1: Arbeitsanalyse	
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)	
A.3.4	Schritt 4 und alle weiteren nach Ermittlungsmethode B	36
Anhar	ng B (informativ) Beispiel zur Ermittlung der Messunsicherheit bei Emissionsmessungen an handgehaltenen und handgeführten Maschinen	41
Anhar	ng C (informativ) Beispiel zur Ermittlung der Messunsicherheit im Bereich	
	Immissionsschutz	
<b>C.1</b>	Einleitung	45
<b>C.2</b>	Modellbildung	45
<b>C.2.1</b>	Mathematisches Modell	
<b>C.2.2</b>	Sensitivitätskoeffizienten und kombinierte Standardunsicherheit	46
<b>C.2.3</b>	Erweiterungsfaktor und erweiterte Unsicherheit	46
<b>C.2.4</b>	Streuung der Eingangsgrößen	46
C.2.5	Gesamtmodell	48
<b>C.2.6</b>	Abweichungen in der Einkopplung bei Messungen innerhalb von Gebäuden	49
C.2.7	Einflussgrößen in der Messkette	
<b>C.3</b>	Unsicherheitsbilanz	
<b>C.4</b>	Beispiel: Erschütterungsmessung	51
C.4.1	Ermittlung der Beurteilungsgrößen und der zugeordneten Unsicherheiten	
<b>C.4.2</b>	Zahlenbeispiel	
	ng D (informativ) Beispiel für die Ermittlung der Unsicherheit im Bereich Maschinenschwingungen	
D.1	Einleitung	
D.2	Gesamtmodell	
D.2.1	Allgemeines	
D.2.2	Abweichungen bei der Einkopplung $\Sigma X_{\text{Verfahren}}$	
D.2.3	Einflussgrößen in der Messkette $\Sigma X_{\text{Messkette}}$	
D.3	Unsicherheitsbilanz	60
Anhar	ng E (informativ) Mathematische Modelle und Monte-Carlo-Simulationen zur	
	kombinierten Standardunsicherheit an Beispielen aus dem Arbeitsschutz	62
<b>E.1</b>	Einleitung	62
<b>E.2</b>	Probleme bei mathematischen Modellen	
E.2.1	Allgemeines	62
E.2.2	Erstes Beispiel: Effektivwerte von Beschleunigungen	63
E.2.3	Zweites Beispiel: Divisionen	64
<b>E.3</b>	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 $a_{ m w}$	68
<b>E.4</b>	Programmcode	
E.4.1	Allgemeines	
<b>E.4.2</b>	Mögliche Erweiterungen des Programmcodes	73
Anhar	ng F (informativ) Beispiel zur Ermittlung der erweiterten Messunsicherheit bei Emissionsmessungen an handgehaltenen und handgeführten Maschinen im Rahmen von	
	Ringversuchen	75
F.1	Einleitung	
F.2	Grundlagen und Rahmenbedingungen	
F.3	Weitere Hinweise aus der DIN ISO 5725 Normenreihe	76

F.4 Beispielhafte Anwendung: Forschungsbericht BAuA Fb 830 [1]	
F.5 Beispielhafte Anwendung: Berechnungen der Messunsicherheit	
Anhang G (informativ) Typische Fehler am Beispiel von Messungen am Arbeitsplatz	9
Literaturhinweise	2
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 20	6
Bild 2 — Beispiel zur Vermeidung einer Entscheidungsunsicherheit	8
Bild E.1 — Beispiel aus dem Bereich Ganzkörper-Vibrationen	4
Bild E.2 — Differenz aus erwarteten und simulierten Werten ( $M=10^6$ Werte) für $aw=0.50/s^2$ und $aw=0.50/s^2$ und $aw=0.50/s^2$	6
Bild E.3 — Beispiel für das Produktmodell mit drei Einflussgrößen 68	8
Bild E.4 — Vergleich verschiedener Modellansätze	0
Tabellen	
Tabelle 1 — Typische Budgetanteile für Messungen der Vibration am Arbeitsplatz 10	6
Tabelle 2 — Darstellung der Einflussfaktoren für Unsicherheitsdaten bei Arbeitsplatzmessungen	3
Tabelle 3 — Erweiterungsfaktor für verschiedene Überdeckungswahrscheinlichkeiten bei ein- und zweiseitigen Tests bei einer Normalverteilung24	4
Tabelle A.1 — Orientierungswerte der Messunsicherheitsbeiträge 30	0
Tabelle A.2 — Beispiel einer Messreihe	2
Tabelle A.3 — Mittelwert und Standardabweichung des Mittelwerts	4
Tabelle A.4 — Mit dem Bayes-Term korrigierte Werte	5
Tabelle A.5 — Mittelwert und korrigierte Standardabweichung des Mittelwerts	5
Tabelle A.6 — Expositionsdauer und ihre Unsicherheit	8
Tabelle B.1 — Beispielwerte zur Bestimmung der Messunsicherheit	1
Tabelle B.2 — Zusammenstellung der Einzelkomponenten der Standardunsicherheit nach Ermittlungsmethode A	2
Tabelle B.3 — Zusammenstellung der Einzelkomponenten der Standardunsicherheit nach Ermittlungsmethode B	2

Tabelle C.1 — Beispiel für die Berechnung der kombinierten Standardunsicherheit bei einer Immissionsmessung auf Decken in einem Gebäude auf Grundlage der Messgröße $a_{\rm eff}$ in m/s <sup>2</sup>	. 50
Tabelle C.2 — KB-Werte und abgeleitete Größen	. 54
Tabelle C.3 — Unsicherheitsbeiträge für die Beurteilungs-Schwingstärke <i>KB</i> <sub>FTr</sub>	. 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 $v_{\rm eff}$ in mm/s	. 60
Tabelle G.1 — Typische Fehler und wie man sie vermeidet	. 79