

**DIN ISO 28961**

ICS 13.140

Einsprüche bis 2010-08-31

**Entwurf****Akustik –  
Statistische Verteilung von Freifeld-Normalhörschwellen  
(ISO/DIS 28961:2010)**

Acoustics –

Statistical distribution of normal hearing thresholds under free-field listening conditions  
(ISO/DIS 28961:2010)

Acoustique –

Répartition statistique des niveaux liminaires normaux d'audition dans des conditions  
d'écoute en champ libre  
(ISO/DIS 28961:2010)**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-06-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und  
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses  
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an [dke@din.de](mailto:dke@din.de) in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann  
im Internet unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im  
DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante  
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 30 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE  
Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

## Inhalt

|                                                                                                                 | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Nationales Vorwort .....                                                                                        | 3     |
| Einleitung .....                                                                                                | 4     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                                       | 5     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                  | 5     |
| 3 Berechnung von Perzentilen der Hörschwellenverteilung .....                                                   | 5     |
| 3.1 Allgemeines .....                                                                                           | 5     |
| 3.2 Hörschwellenverteilung bei Frequenzen unterhalb von 10 000 Hz .....                                         | 6     |
| 3.3 Hörschwellenverteilung bei Frequenzen von 10 000 Hz an aufwärts .....                                       | 7     |
| Anhang A (informativ) Zahlenbeispiele zur Erläuterung des Verfahrens .....                                      | 9     |
| A.1 Beispiel 1 .....                                                                                            | 9     |
| A.2 Beispiel 2 .....                                                                                            | 9     |
| Anhang B (informativ) Ausgewählte Werte der statistischen Verteilung von Hörschwellen .....                     | 10    |
| Anhang C (informativ) Ausgewählte Werte von $z_x$ .....                                                         | 13    |
| Anhang D (informativ) Anmerkungen zur Herleitung der statistischen Verteilung von Normalhörschwellen .....      | 14    |
| D.1 Form der Hörschwellenverteilung bei Frequenzen unterhalb von 10 000 Hz .....                                | 14    |
| D.2 Form der Hörschwellenverteilung bei Frequenzen von 10 000 Hz an aufwärts .....                              | 14    |
| D.3 Für die Herleitung der statistischen Verteilung verwendete Untersuchungen von Normalhörschwellen .....      | 14    |
| Literaturhinweise .....                                                                                         | 15    |
| <b>Bilder</b>                                                                                                   |       |
| Bild B.1 – Perzentilkurven der Hörschwellenverteilung .....                                                     | 12    |
| <b>Tabellen</b>                                                                                                 |       |
| Tabelle 1 – Standardabweichung der Hörschwellenverteilung bei Frequenzen $f$ unterhalb von 10 000 Hz .....      | 6     |
| Tabelle 2 – Parameter für die Berechnung der Perzentilschwellen bei Frequenzen $f$ von 10 000 Hz aufwärts ..... | 7     |
| Tabelle B.1 – $P_{x,f}$ die $x$ -ten Perzentile der Hörschwellenverteilung bei der Frequenz $f$ .....           | 10    |
| Tabelle C.1 – Ausgewählte dem $x$ -ten Perzentil entsprechende Werte von $z_x$ der Normalverteilung .....       | 13    |

## Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/DIS 28961:2010 „Acoustics – Statistical distribution of normal hearing thresholds under free-field listening conditions“ (DIS, en: Draft International Standard) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des DIS entsprechend der diesbezüglich durch die ISO erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Teil des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Das internationale Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ der Internationalen Normungsorganisation (ISO) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme und Abstimmung vorgelegt. Es wird jedoch nicht zeitgleich (parallel) bei ISO und CEN zur Umfrage gestellt. Derzeit ist also nicht vorgesehen, dieses Dokument als Europäische Norm zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS (en: Final Draft International Standard) nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der DIS als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium GUK 821.6 „Hörgeräte und audiometrische Messtechnik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

## Akustik – Statistische Verteilung von Freifeld-Normalhörschwellen

### Einleitung

Die Freifeld-Hörschwelle ist in ISO 226:2003 festgelegt. Die Hörschwellendaten in diesen Internationalen Normen wurden mittels otologisch normaler Personen im Altersbereich von 18 bis 25 Jahren bestimmt.

Wie in ISO 389-7 beschrieben, unterscheidet sich die Hörschwelle einzelner Personen; die Internationalen Normen geben lediglich Medianwerte der Hörschwellen an. Um das Hörvermögen einer Person mit Bezug auf das Hörvermögen der Population einzuschätzen, sind jedoch mehr Informationen über die Hörschwellenverteilung der Einzelpersonen erforderlich. Solche Informationen werden auch in der Geräuschbeurteilung eingesetzt, um den Anteil junger Personen mit normalem Hörvermögen an der Population abzuschätzen, die in der Lage sein könnten, ein betreffendes Schallereignis wahrzunehmen, z. B. eine unerwünschte Schallabstrahlung einer Maschine.

Diese Internationale Norm beschreibt ein Berechnungsverfahren für Perzentile der Hörschwellenverteilung für Terzband- und andere Audiometriefrequenzen von 20 Hz bis 16 000 Hz. Als Mittelwert der Verteilung ist die in ISO 226 und ISO 389-7 angegebene Hörschwelle festgelegt. Das Verfahren wurde des Weiteren unter Verwendung vieler Hörschwellendaten, auf denen diese Internationalen Normen beruhen, entwickelt.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm stellt ein Verfahren zur Berechnung von Perzentilen der Hörschwellenverteilung, deren Mittelwert die in ISO 226 und ISO 389-7 festgelegte Bezugshörschwelle ist, zur Verfügung. Die Mittelwert- und Perzentilschwellen sind unter folgenden Bedingungen festgelegt:

- a) das Schallfeld in Abwesenheit der Hörers besteht auf einer frei fortschreitenden ebenen Welle (Freifeld);
- b) die Schallquelle befindet sich unmittelbar vor dem Hörer (Schalleinfall von vorn);
- c) die Schallsignale sind reine (Sinus-)Töne;
- d) der Schalldruckpegel wird in Abwesenheit des Hörers an dem Ort gemessen, an welchem sich der Mittelpunkt des Kopfes des Hörers befinden würde;
- e) das Hören erfolgt binaural;
- f) die Hörer sind otologisch normale Personen im Altersbereich von 18 bis 25 Jahren.

**ANMERKUNG** Die Anwendbarkeit der in dieser Internationalen Norm angegebenen Perzentile und Parameterwerte auf Diffusfeld-Hörbedingungen ist bisher nicht untersucht. Es wird angenommen, dass sie im Frequenzbereich von 20 Hz bis 250 Hz, wo die Hörschwellendifferenz zwischen Freifeld- und Diffusfeld-Hörbedingungen (wie in Tabelle 1 von ISO 389-7:2005 angegeben) null ist, für beide Hörbedingungen anwendbar sind.

Die Perzentile sind zahlenmäßig für die Vorzugsfrequenzen nach ISO 266 im Terzabstand von 20 Hz bis 16 000 Hz und für einige audiometrische Zwischenfrequenzen angegeben.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe.

ISO 226:2003, *Acoustics – Normal equal-loudness-level contours*

ISO 266, *Acoustics – Preferred frequencies*

ISO 389-7:2005, *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions*

## 3 Berechnung von Perzentilen der Hörschwellenverteilung

### 3.1 Allgemeines

Die Hörschwellenverteilung ist für Frequenzen  $f$  unterhalb von 10 000 Hz durch eine Normalverteilung, welche durch einen Mittelwert  $T_f$  und eine Standardabweichung  $\sigma_f$  charakterisiert ist, anzunähern. Unter Verwendung von  $T_f$  und  $\sigma_f$  kann jedes Perzentil der Verteilung nach 3.2 berechnet werden.

Perzentile für Frequenzen von 10 000 Hz an aufwärts sind mittels eines ähnlichen Verfahrens nach 3.3 zu berechnen. Es muss jedoch vorher eine numerische Transformation durchgeführt werden, damit die Hörschwellenverteilung mittels einer Normalverteilung im transformierten Bereich angenähert werden kann.

In beiden Frequenzbereichen ist als Mittelwert der Verteilung die in ISO 226 und ISO 389-7 angegebene Freifeld-Bezugshörschwelle  $T_f$  in dB zu verwenden.

Berechnungsbeispiele sind in Anhang A zu finden. Ausgewählte Werte der nach diesen Verfahren berechneten statistischen Hörschwellenverteilung sind in tabellarischer und grafischer Form in Anhang B dargestellt.

### 3.2 Hörschwellenverteilung bei Frequenzen unterhalb von 10 000 Hz

Das  $x$ -te Perzentil  $P_{x,f}$  der Hörschwellenverteilung in dB ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$P_{x,f} = T_f + z_x \cdot \sigma_f \quad (1)$$

Dabei ist

$z_x$  der  $z$ -Wert des Anteils der Normalverteilung, der dem  $x$ -ten Perzentil entspricht.

Ausgewählte Werte von  $z_x$  sind in Anhang C dargestellt. Die Werte der Standardabweichung  $\sigma_f$  für die Hörschwellenverteilung bei Frequenzen unterhalb von 10 000 Hz sind in Tabelle 1 angegeben.

ANMERKUNG Wenn  $x$  sich 0 oder 100 nähert, führt  $P_{x,f}$  zu einem größeren Fehler bei der Abschätzung der Schwelle.

**Tabelle 1 – Standardabweichung der Hörschwellenverteilung bei Frequenzen  $f$  unterhalb von 10 000 Hz**

| $f$<br>in Hz | $\sigma_f$<br>in dB |
|--------------|---------------------|
| 20           | 6,14                |
| 25           | 6,38                |
| 31,5         | 6,48                |
| 40           | 6,37                |
| 50           | 6,04                |
| 63           | 5,40                |
| 80           | 4,58                |
| 100          | 4,03                |
| 125          | 3,79                |
| 160          | 3,78                |
| 200          | 3,84                |
| 250          | 3,84                |
| 315          | 3,75                |
| 400          | 3,61                |
| 500          | 3,54                |
| 630          | 3,63                |
| 750          | 3,81                |
| 800          | 3,91                |
| 1 000        | 4,29                |
| 1 250        | 4,69                |
| 1 500        | 4,94                |
| 1 600        | 5,00                |
| 2 000        | 5,09                |
| 2 500        | 5,02                |

Tabelle 1 –(fortgesetzt)

| $f$<br>in Hz | $\sigma_f$<br>in dB |
|--------------|---------------------|
| 3 000        | 4,91                |
| 3 150        | 4,89                |
| 4 000        | 4,86                |
| 5 000        | 5,03                |
| 6 000        | 5,30                |
| 6 300        | 5,38                |
| 8 000        | 5,75                |
| 9 000        | 5,95                |

### 3.3 Hörschwellenverteilung bei Frequenzen von 10 000 Hz an aufwärts

Die Hörschwellenverteilung bei Frequenzen von 10 000 Hz an aufwärts ist nach einer Potenztransformation der einzelnen Hörschwellen mittels folgender Gleichung durch eine Normalverteilung anzunähern:

$$\dot{u} = (u - \alpha_f)^{\beta_f} \quad (2)$$

Dabei ist

$u$  eine Einzelschwelle in der Verteilung.

Nachstehend bezeichnet eine durch einen Punkt über ihr gekennzeichnete Variable einen Wert im potenztransformierten Bereich. Die Parameter  $\alpha_f$  und  $\beta_f$  sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 – Parameter für die Berechnung der Perzentilschwellen bei Frequenzen  $f$  von 10 000 Hz aufwärts

| $f$<br>in Hz | $\alpha_f$ | $\beta_f$ | $\dot{\sigma}_f$ | $\dot{T}_f$ |
|--------------|------------|-----------|------------------|-------------|
| 10 000       | −26,72     | 0,766 4   | 1,861            | 17,10       |
| 11 200       | −11,03     | 0,567 5   | 0,932 3          | 6,075       |
| 12 000       | −4,537     | 0,451 1   | 0,715 5          | 3,640       |
| 12 500       | −2,219     | 0,384 9   | 0,621 5          | 2,800       |
| 14 000       | −1,033     | 0,216 5   | 0,253 4          | 1,901       |
| 16 000       | 6,271      | 0,062 83  | 0,038 89         | 1,248       |

Das  $x$ -te Perzentil  $\dot{P}_{x,f}$  der Hörschwellenverteilung ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$\dot{P}_{x,f} = \dot{T}_f + z_x \cdot \dot{\sigma}_f \quad (3)$$

Dabei ist

$\bar{T}_f$  der in ISO 226 und ISO 389-7 angegebene Mittelwert der Hörschwellenverteilung;

$\sigma_f$  die Standardabweichung der Hörschwellenverteilung für Frequenzen von 10 000 Hz an aufwärts.

Beide Variablen sind auch in Tabelle 2 dargestellt.

Um eine Perzentilschwelle in dB zu erhalten, ist  $\dot{P}_{x,f}$  mittels Gleichung (4), welche die Umkehrfunktion zu Gleichung (2) darstellt, zu transformieren. Dabei sind  $u$  und  $\dot{u}$  durch  $P_{x,f}$  und  $\dot{P}_{x,f}$  zu ersetzen:

$$P_{x,f} = \exp\left(\frac{\ln \dot{P}_{x,f}}{\beta_f}\right) + \alpha_f \quad (4)$$

ANMERKUNG Wenn  $x$  sich 0 oder 100 nähert, führt  $P_{x,f}$  zu einem größeren Fehler bei der Abschätzung der Schwelle.

## Anhang A (informativ)

### Zahlenbeispiele zur Erläuterung des Verfahrens

#### A.1 Beispiel 1

Das 10. Perzentil der Hörschwelle von otologisch normalen Personen bei der Audiometriefrequenz 1 000 Hz wird wie folgt berechnet.

**Schritt 1:** Tabelle 1,  $f = 1\,000$  Hz ergibt  $\sigma_{1000} = 4,29$  dB.

**Schritt 2:** Tabelle C.1,  $x = 10$  ergibt  $z_{10} = -1,282$ .

**Schritt 3:** Tabelle 1 in ISO 226:2003 und ISO 389-7,  $f = 1\,000$  Hz ergibt  $T_{1000} = 2,4$  dB.

**Schritt 4:** Gleichung (1),  $T_{1000} = 2,4$  dB,  $z_{10} = -1,282$ ,  $\sigma_{1000} = 4,29$  dB ergibt  $P_{10,1000} = -3,1$  dB.

#### A.2 Beispiel 2

Das 75. Perzentil der Hörschwelle von otologisch normalen Personen bei der Audiometriefrequenz 12 500 Hz wird wie folgt berechnet.

**Schritt 1:** Tabelle 2,  $f = 12\,500$  Hz ergibt  $\alpha_{12500} = -2,219$ ,  $\beta_{12500} = 0,384\,9$ ,  $\dot{\sigma}_{12\,500} = 0,621\,5$  und  $\dot{T}_{12\,500} = 2,800$ .

**Schritt 2:** Tabelle C.1,  $x = 75$  ergibt  $z_{75} = 0,674\,5$ .

**Schritt 3:** Gleichung (3),  $\dot{T}_{12\,500} = 2,800$ ,  $z_{75} = 0,674\,5$ ,  $\dot{\sigma}_{12\,500} = 0,621\,5$  ergibt  $\dot{P}_{75,12\,500} = 3,219\dots$

**Schritt 4:** Gleichung (4),  $\dot{P}_{75,12\,500} = 3,219\dots$ ,  $\alpha_{12500} = -2,219$ ,  $\beta_{12500} = 0,384\,9$  ergibt  $P_{75,12\,500} = 18,6$  dB.