

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                         |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|            | <p>Akustik</p> <p><b>Normalkurven gleicher Lautstärke</b></p> <p>(ISO/DIS 226:2001)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p><b>DIN</b></p> <p><b>ISO 226</b></p> |
| ICS 13.140 | <p>Einsprüche bis 2001-12-31</p> <p>Vorgesehen als<br/>teilweiser Ersatz von<br/>DIN 45630-2:1967-09</p> <p>Acoustics — Normal equal-loudness contours (ISO/DIS 226:2001)</p> <p>Acoustique — Lignes isosoniques normales (ISO/DIS 226:2001)</p> <p><b>Anwendungswarnvermerk</b></p> <p>Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.</p> <p>Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.</p> <p>Stellungnahmen werden erbeten an den Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI, Postfach 10 11 39, 40002 Düsseldorf.</p> <p><b>Das internationale Schriftstück ISO/DIS 226:2001, "Acoustics – Normal equal-loudness contours", ist unverändert in diesen deutschen Norm-Entwurf übernommen worden.</b></p> <p><b>Nationales Vorwort</b></p> <p>Das internationale Schriftstück wurde im ISO/TC 43 (Akustik) erarbeitet. Von deutscher Seite wurde die Erarbeitung durch das Spiegelgremium NALS A 2 begleitet. Die Überarbeitung von ISO 226 wurde in zwei Teile aufgesplittet. Die Bezugshörschwellen unter Freifeld- und Diffusfeldbedingungen wurde bereits in ISO 389-7:1996 (DIN EN ISO 389-7:1998-12) veröffentlicht. Zu den Kurven gleicher Lautstärke wurde von der WG 1 "Threshold of hearing" vom ISO/TC 43 der Norm-Entwurf ISO/DIS 226 zur Kommentierung gestellt. Da die Normalkurven gleicher Lautstärkepegel im direkten Zusammenhang mit DIN 45630-2 stehen, wird dieser Entwurf zur Diskussion gestellt.</p> <p>Für die im Abschnitt 2 in Bezug genommenen Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:</p> <p>ISO 266            siehe DIN EN ISO 266:1997-08</p> <p>ISO 389-7:1996   siehe DIN EN ISO 389-7:1998-12</p> <p>Fortsetzung Seite 2 bis 21</p> <p>Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI</p> |                                         |

## Änderungen

Gegenüber DIN 45630-2:1967-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Die Bezugshörschwellen unter Freifeld- und Diffusfeldbedingungen wurden bereits in DIN EN ISO 389-7:1998-12 veröffentlicht. Die Kurven gleicher Lautstärke werden mit dem vorliegenden Norm-Entwurf zur Diskussion gestellt.

## Anhang NA (national) Literaturverzeichnis

DIN EN ISO 266:1997-08, *Akustik — Normfrequenzen (ISO 266:1997); Deutsche Fassung EN ISO 266:1997.*

DIN EN ISO 389-7: 1996-12, *Akustik — Standard-Bezugspegel für die Kalibrierung von audiometrischen Geräten — Teil 7: Bezugshörschwellen unter Freifeld- und Diffusfeldbedingungen (ISO 389-7:1996); Deutsche Fassung EN ISO 389-7:1998.*

Deutsche Übersetzung  
Akustik  
Normalkurven gleicher Lautstärke

Inhalt

|                                                                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort .....</b>                                                                                                            | <b>4</b>  |
| <b>Einleitung.....</b>                                                                                                          | <b>5</b>  |
| <b>1 Anwendungsbereich .....</b>                                                                                                | <b>5</b>  |
| <b>2 Normative Verweisungen.....</b>                                                                                            | <b>5</b>  |
| <b>3 Begriffe .....</b>                                                                                                         | <b>6</b>  |
| <b>4 Gleichungen zur Ableitung der Normalkurven gleicher Lautstärkepegel .....</b>                                              | <b>6</b>  |
| <b>4.1 Ableitung des Schalldruckpegels vom Lautstärkepegel.....</b>                                                             | <b>6</b>  |
| <b>4.2 Ableitung des Lautstärkepegels vom Schalldruckpegel.....</b>                                                             | <b>7</b>  |
| <b>Anhang A (normativ) Darstellung der Normalkurven gleicher Lautstärkepegel für reine Töne unter Freifeldbedingungen .....</b> | <b>9</b>  |
| <b>Anhang B (normativ) Tabellen der Normalkurven gleicher Lautstärke für reine Töne unter Freifeldbedingungen .....</b>         | <b>10</b> |
| <b>Anhang C (informativ) Anmerkungen zur Ableitung der Normalkurven gleicher Lautstärkepegel .....</b>                          | <b>12</b> |
| <b>C.1 Experimentelle Daten .....</b>                                                                                           | <b>12</b> |
| <b>C.2 Ableitung der Gleichungen (1) und (2) .....</b>                                                                          | <b>12</b> |
| <b>C.3 Ableitung der frequenzabhängigen Parameter in Tabelle 1 .....</b>                                                        | <b>13</b> |
| <b>C.4 Vergleich zwischen Kurven gleicher Lautstärkepegel und experimentellen Daten .....</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>Literaturhinweise .....</b>                                                                                                  | <b>20</b> |

## Vorwort

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) ist die weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitglieds Körperschaften). Die Erarbeitung Internationaler Normen obliegt den Technischen Komitees der ISO. Jede Mitglieds Körperschaft, die sich für ein Thema interessiert, für das ein Technisches Komitee eingesetzt wurde, ist berechtigt, in diesem Komitee mitzuarbeiten. Internationale (staatliche und nichtstaatliche) Organisationen, die mit der ISO in Verbindung stehen, sind an den Arbeiten ebenfalls beteiligt. Die ISO arbeitet bei allen Angelegenheiten der elektrotechnischen Normung eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Direktiven, Teil 3, erarbeitet.

Die von den Technischen Komitees verabschiedeten Internationalen Normen werden den Mitglieds Körperschaften zur Abstimmung vorgelegt. Die Veröffentlichung als Internationale Norm erfordert Zustimmung von mindestens 75 % der abstimmenden Mitglieds Körperschaften.

Die Internationale Norm ISO 226 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43 "Akustik" erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe von ISO 226 annulliert und ergänzt zusammen mit ISO 389-7 die Internationale Norm ISO 226: 1987, deren grundlegende Revision sie darstellt.

Die Anhänge A und B bilden einen normativen Teil dieser Internationalen Norm. Anhang C dient nur zur Information.

## Einleitung

Kurven, die Kombinationen reiner Töne in Abhängigkeit von der Frequenz und vom Schalldruckpegel angeben, die die gleiche Lautstärkewahrnehmung hervorrufen, beschreiben eine der wichtigsten Eigenschaften des menschlichen Gehörs und sind deshalb von wesentlicher Bedeutung für die Psychoakustik. Mit den Daten für die Hörschwelle unter Freifeld- und Diffusfeldbedingungen wurden derartige Kurven gleicher Lautstärkepegel in der Internationalen Norm ISO 226: 1987 festgelegt.

**ANMERKUNG** Gleiche Lautstärkepegel dürfen auch für Rauschbänder bestimmt werden. In vorliegender Norm sind jedoch nur die Kurven gleicher Lautstärkepegel für reine Töne festgelegt, weil die verfügbaren Daten für Rauschbänder nicht ausreichend waren. Trotzdem darf diese Norm auf Rauschterzbänder angewendet werden.

Während der technischen Überarbeitung dieser Norm wurde entschieden, die Schwellen- und Supraschwellendaten in zwei gesonderte Dokumente zu fassen, weil die verfügbaren Daten gleicher Lautstärkepegel nicht ausreichend und Hörschwellen erforderlich waren. Die Schwellenwerte wurden in ISO 389-7 festgelegt, die Teil der Reihe der ISO-Normen ist, die sich mit Standard-Bezugspegeln für die Kalibrierung audiometrischer Geräte befassen. In dieser Norm sind die Kurven gleicher Lautstärkepegel angegeben. Sie sind hinsichtlich der Daten von ISO 226: 1987 überarbeitet.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Kombinationen von Schalldruckpegeln und Frequenzen reiner Dauertöne fest, die vom Menschen als gleichlaut empfunden werden. Die Festlegungen basieren auf folgenden Bedingungen:

- a) Das Schallfeld besteht bei Abwesenheit des Hörers aus einer sich frei ausbreitenden ebenen Welle;
- b) Die Schallquelle befindet sich direkt vor dem Hörer;
- c) Die Schallsignale sind reine Töne;
- d) Der Schalldruckpegel wird in Abwesenheit des Hörers an der Position des Mittelpunktes des Kopfes des Hörers gemessen;
- e) Das Hören erfolgt binaural;
- f) Die Hörer sind otologisch normale Personen im Alter von 18 Jahren bis 25 Jahren.

Die Daten sind als Zahlenwerte für die Vorzugsfrequenzen in Terzen von 20 Hz bis 12 500 Hz angegeben.

Anhang A enthält die graphischen Darstellungen.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisungen in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender der Internationalen Norm werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachstehend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

ISO 266, *Acoustics — Preferred frequencies for measurements*.

ISO 389-7:1996, *Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions*.

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **otologisch normale Person**

eine Person in normalem Gesundheitszustand, die frei von allen Anzeichen oder Symptomen einer Ohrenerkrankung ist, deren Gehörgänge nicht von Cerumen verschlossen sind und die bisher keiner übermäßigen Lärmeinwirkung, möglichen ototoxischen Medikamenten oder familiär bedingtem Hörverlust ausgesetzt war

#### 3.2

##### **Freies Schallfeld**

ein Schallfeld, bei dem die Raumbegrenzungen einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Schallwellen haben

#### 3.3

##### **Beziehung gleicher Lautstärke**

Kurve oder Funktion, die für einen reinen Ton mit einer vorgegebenen Frequenz die Beziehung zwischen seinem Lautstärkepegel in Phon und seinem Schalldruckpegel in Dezibel angibt

#### 3.4

##### **Lautstärkepegel**

eines gegebenen Schalls ist der Schalldruckpegel eines Bezugsschalls, der aus einer sich ausbreitenden sinusförmigen ebenen Welle der Frequenz 1 000 Hz besteht, die direkt vor dem Hörer abgestrahlt wird und von einer otologisch normalen Person als gleich laut wie der vorgegebene Schall bezeichnet wird

**ANMERKUNG** Der Lautstärkepegel wird in Phon angegeben. Ein Schall von  $x$  Phon ist so laut wie ein reiner Ton mit einer Frequenz von 1 000 Hz bei einem Schalldruckpegel von  $x$  dB.

#### 3.5

##### **Kurve gleichen Lautstärkepegels**

Kurve in der Ebene Schalldruckpegel-Frequenz, die die Punkte verbindet, deren Koordinaten als gleich laut empfundene reine Töne bezeichnet werden

#### 3.6

##### **Normalkurven gleicher Lautstärkepegel**

eine Kurve gleichen Lautstärkepegels gibt den Mittelwert der Entscheidungen otologisch normaler Personen innerhalb der Altersgrenzen von 18 Jahren bis 25 Jahren an

### 4 Gleichungen zur Ableitung der Normalkurven gleicher Lautstärkepegel

#### 4.1 Ableitung des Schalldruckpegels vom Lautstärkepegel

Der Schalldruckpegel  $L_p$  eines reinen Tons der Frequenz  $f$  mit einem Lautstärkepegel  $L_N$  wird bestimmt nach:

$$L_p = \left( \frac{10}{\alpha_f} \cdot \lg A_f \right) \text{ dB} - L_U + 94 \text{ dB} \quad (1)$$

Dabei ist:

$$A_f = 4,47 \times 10^{-3} \times (10^{0,025 L_N} - 1,14) + \left[ 0,4 \times 10^{\frac{T_f + L_U}{10} - 9} \right]^{\alpha_f}$$

$T_f$  ist die Hörschwelle und  $\alpha_f$  und  $L_U$  sind frequenzabhängige Parameter; sie sind in Tabelle 1 angegeben.

Gleichung (1) gilt bei jeder Frequenz für Werte von  $L_N$  von 20 Phon als untere Grenze bis zu den folgenden oberen Grenzen:

20 Hz bis 4 000 Hz                      90 Phon

5 000 Hz bis 12 500 Hz              80 Phon

Gleichung (1) ist für Lautstärkepegel unter 20 Phon wegen fehlender experimenteller Daten zwischen 20 Phon und der Hörschwelle nur informativ. Dasselbe gilt für Lautstärkepegel über 90 Phon bis 100 Phon von 20 Hz bis 1 000 Hz, da bei 100 Phon nur Daten von einem Institut vorliegen.

## 4.2 Ableitung des Lautstärkepegels vom Schalldruckpegel

Der Lautstärkepegel  $L_N$  in Phon eines reinen Tons der Frequenz  $f$  in Hz mit einem Schalldruckpegel  $L_p$  wird bestimmt nach:

$$L_N = (40 \cdot \lg B_f) \text{ Phon} + 94 \text{ Phon} \quad (2)$$

Dabei ist

$$B_f = \left[ 0,4 \times 10^{\frac{L_p + L_U}{10} - 9} \right]^{\alpha_f} - \left[ 0,4 \times 10^{\frac{T_f + L_U}{10} - 9} \right]^{\alpha_f} + 0,005\,076$$

$T_f$ ,  $\alpha_f$  und  $L_U$  entsprechen 4.1.