

Lautstärkepegel

Begriffe Meßverfahren

DIN
1318

Loudness level / Niveau d'isotonie

Zusammenhang mit der von der ISO herausgegebenen Empfehlung ISO/R 131-1959 siehe Erläuterungen.

1. Begriffe

1.1. Der Lautstärkepegel ist ein Maß für die Stärke der subjektiven Wahrnehmung eines Schallvorganges. Der Lautstärkepegel L_S wird in phon angegeben. Der Lautstärkepegel eines Schalles beträgt n phon, wenn von normalhörenden Beobachtern dieser Schall (Objektschall) als gleich laut beurteilt wird wie ein Sinuston mit der Frequenz 1000 Hz und dem Schalldruckpegel n dB, der als ebene fortschreitende Schallwelle genau von vorn auf den Beobachter trifft (Standardschall).

1.2. Der Standardlautstärkepegel ist der Lautstärkepegel, der erhalten wird, wenn der Standardschall beim Hörvergleich verändert wird.

1.3. Der Objektlautstärkepegel ist der Lautstärkepegel, der erhalten wird, wenn der Objektschall beim Hörvergleich verändert wird.

Anmerkung: Der Standardlautstärkepegel ist im allgemeinen höher als der Objektlautstärkepegel (Näheres siehe Abschnitt 2.3.1, besonders Abschnitt 2.3.1.2).

1.4. Der interpolierte Lautstärkepegel ist der Lautstärkepegel, der sich als arithmetisches Mittel aus dem Standardlautstärkepegel und dem Objektlautstärkepegel ergibt. Er gilt als Lautstärkepegel im Sinne dieser Norm¹⁾.

Anmerkung: Beim Hörvergleich nach dem Konstanzverfahren (siehe Abschnitt 2.3.2) wird dieser Wert unmittelbar erhalten.

2. Psychophysische Messung des Lautstärkepegels

2.1. Allgemeines

Die Meßverfahren nach Abschnitt 2.3 dienen in erster Linie einer genauen Definition des Lautstärkepegels. In praktischen Fällen werden meist die Art der Schallquelle und der Zustand des umgebenden Raumes es nicht gestatten, auf diese Art den Lautstärkepegel zu ermitteln. Die angegebenen Verfahren sind definitionsgemäß nur auf solche Schallquellen anwendbar, die nach den Erfordernissen des Hörvergleichs ein- und ausgeschaltet und im Pegel verändert werden können. Das bedeutet, daß beliebige Schallquellen nicht unmittelbar beurteilt werden können, sondern daß für Schaltung und Pegelstellung elektroakustische Zwischenglieder erforderlich werden und der Schall durch Lautsprecher (oder Kopfhörer) wiedergegeben werden muß.

¹⁾ In den vorangegangenen Ausgaben dieser Norm wird abweichend davon der Standardlautstärkepegel als maßgebend angesehen.

2.2. Meßbedingungen

Objektschall und Standardschall werden einzeln, und zwar mit beiden Ohren zugleich, abgehört. Beide Schalle sollen gleich lang jeweils 0,5 bis 1 s abgehört werden. Die Pause zwischen den beiden Schallereignissen soll ebenfalls 0,5 bis 1 s betragen. Objektlautstärkepegel und Standardlautstärkepegel werden als Mittelwert aus den Angaben einer großen Anzahl normalhörender Beobachter bestimmt. Das Ein- und Ausschalten muß knackfrei erfolgen. Das definitionsgemäße Verfahren zur psychophysischen Messung des Lautstärkepegels ist der Hörvergleich in der ebenen, fortschreitenden Welle. Die Pegel der Effektivwerte des Schalldruckes von Standard- und Objektschall werden in der ungestörten Schallwelle gemessen, d. h. bei Abwesenheit des Beobachters an der Stelle, an der sich der Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen beiden Ohren befunden hat. Neben dieser Technik ist auch ein entsprechender Vergleich unter Benutzung hochwertiger Kopfhörer zulässig, die im Sinne der Empfindung im freien Schallfeld entzerrt sind.

2.3. Meßverfahren

2.3.1. Angleichverfahren

Kennzeichen des Angleichverfahrens ist, daß die Beobachter einen im Pegel veränderbaren Schall an einen anderen mit konstantem Pegel durch Betätigung eines Stellgliedes angleichen mit dem Ziel, subjektiv gleiche Lautheit beider Schalle herzustellen. Um den Vergleich zu erleichtern, werden beide Schallereignisse abwechselnd dargeboten. Darbietungs- und Pausendauer müssen Abschnitt 2.2 entsprechen. Man unterscheidet dabei zwei Verfahren:

- Herstellungsverfahren (method of adjusting):** Der Schalldruckpegel des veränderbaren Schalles wird vom Beobachter von Hand (z. B. mit einem Lautstärkesteller) so eingestellt, daß ihm dieser und der zu bestimmende konstant gehaltene Schall gleich laut erscheinen. Die Einstellgeschwindigkeit hängt dabei vom Beobachter ab und kann vom Versuchsleiter nicht beeinflusst werden.
- Grenzverfahren (Eingrenzungsverfahren, Pendelndes Angleichen, method of tracking):** Der Schalldruckpegel des veränderbaren Schalles wird automatisch (z. B. mit einem motorgetriebenen Lautstärkesteller) mit konstanter Geschwindigkeit verändert. Der Beobachter kann dabei die Richtung der Veränderung wählen. Er läßt den Pegel des veränderbaren Schalles so lange wachsen, bis dieser gerade merkbar lauter erscheint als der konstant gehaltene, kehrt dann die Einstellrichtung um, bis er gerade merkbar leiser erscheint, kehrt wieder um usw. Aus den Pegeln der Umkehrpunkte („Grenzen“) wird der arithmetische Mittelwert gebildet (vgl. Bekesy-Audiometer).

Fortsetzung Seite 2
 Erläuterungen Seite 3

Fachnormenausschuß Akustik und Schwingungstechnik im Deutschen Normenausschuß (DNA)

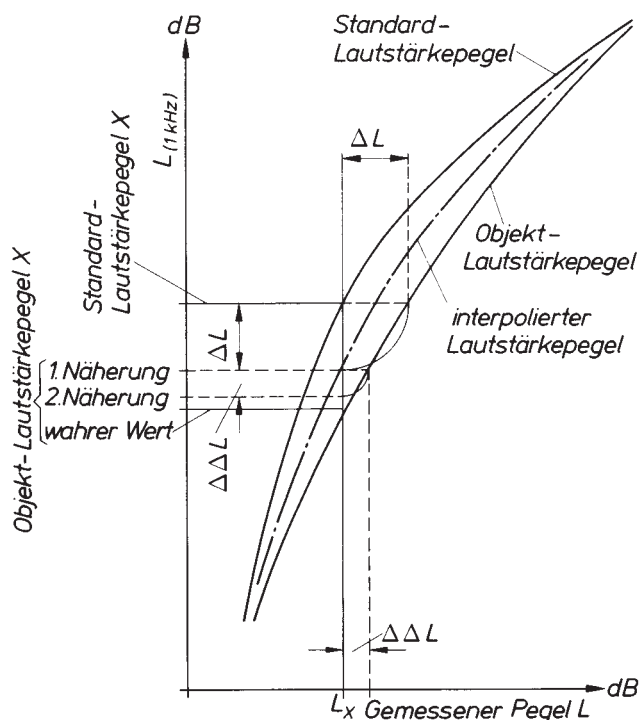
Bei diesen Techniken erhält man unterschiedliche Ergebnisse, je nachdem, ob Standard- oder Objektschall als zu verändernder Schall gewählt wurde. Da der veränderbare Schall meistens etwas intensiver eingestellt wird als der konstant gehaltene, ist der Standardlautstärkepegel im allgemeinen höher als der Objektlautstärkepegel.

2.3.1.1. Bestimmen des Standardlautstärkepegels

Zum Bestimmen des Standardlautstärkepegels wird der Standardschall in seiner Stärke so verändert, daß er gleich laut erscheint wie der zu bestimmende Schall (Objektschall). Der Standardlautstärkepegel des zu bestimmenden Schalles, angegeben in phon, ist zahlenwertmäßig gleich dem Schalldruckpegel L des bei diesem Vergleich als gleich laut empfundenen Standardschalles.

2.3.1.2. Bestimmen des Objektlautstärkepegels

Zum Bestimmen des Objektlautstärkepegels wird der Objektschall so im Pegel variiert, daß die Beobachter ihn gleich laut empfinden wie den im Pegel konstant gehaltenen Standardschall. Es ist jedoch nicht möglich, den Objektlautstärkepegel für einen vorgegebenen Objektschallpegel unmittelbar zu bestimmen, weil man dazu den richtigen Pegel des (hier konstant gehaltenen) Standardschalles — als eben den gesuchten Objektlautstärkepegel — schon kennen müßte. Man muß entweder den Objektlautstärkepegel für mehrere Standardschallpegel in der Nähe des zu erwartenden Wertes ermitteln und den Näherungswert auf der Verbindungslinie der so erhaltenen Werte aufsuchen, oder die im folgenden Absatz beschriebene Näherung durchführen.



Graphische Darstellung zur näherungsweisen Bestimmung des Objektlautstärkepegels

Zum näherungsweisen Bestimmen des Objektlautstärkepegels wird vom vorher ermittelten Standardlautstärkepegel ausgegangen. Dieser wird konstant gehalten, der Objektschallpegel verändert und von den Beobachtern auf gleiche Lautheit angeglichen. Der Mittelwert der dabei eingestellten Schalldruckpegel des Objektschalles

wird gewöhnlich um den Betrag ΔL höher liegen als dessen ursprünglicher Pegel L_x . Der Objektlautstärkepegel wird näherungsweise erhalten, indem man ΔL vom Standardlautstärkepegel subtrahiert (siehe Bild; zur Verdeutlichung sind die Abweichungen zwischen Standard- und Objektlautstärkepegel übertrieben und der Anstieg steiler dargestellt).

Anmerkung: Dieser Abgleich ist insofern mit einem grundsätzlichen Fehler behaftet, als er bei einem zu hohen Pegel des Standardschalles vorgenommen wird. Der Fehler kann verringert werden, indem man den vorbeschriebenen Abgleich wiederholt, dabei jedoch nicht vom Standardlautstärkepegel ausgeht, sondern von einem um ΔL niedrigeren Standardschallpegel. Der dabei eingestellte Schalldruckpegel des Objektschalles wird wiederum um einen gewissen (jetzt wesentlich kleineren) Betrag $\Delta \Delta L$ höher liegen als dessen ursprünglicher Pegel L_x . Indem man $\Delta L + \Delta \Delta L$ vom Standardlautstärkepegel subtrahiert, erhält man einen besseren Näherungswert für den Objektlautstärkepegel. In Anbetracht der allgemeinen Ungenauigkeit solcher Lautstärkepegelvergleiche erscheint die Anwendung dieses Iterations-Verfahrens nur dort erforderlich, wo ΔL selbst große Werte annimmt und wo eine geringe Meßunsicherheit durch Verwendung einer großen Anzahl von Beobachtern erreicht wird.

2.3.1.3. Bestimmen des (interpolierten) Lautstärkepegels

Der interpolierte Lautstärkepegel ergibt sich als arithmetisches Mittel aus dem Standardlautstärkepegel und dem Objektlautstärkepegel.

2.3.2. Konstanzverfahren

(Konstanter Reiz, Abfragen, method of constant stimuli) Kennzeichen des Konstanzverfahrens ist, daß dem Beobachter Paare aus Geräuschen mit konstanten Schallpegeln zum Vergleich dargeboten werden. Er hat nur zu entscheiden, ob der eine der beiden Pegel leiser, gleichlaut oder lauter als der andere ist, kann aber im Gegensatz zu den Angleichverfahren die Einstellung der Pegel nicht beeinflussen. Das Urteil kann z. B. mündlich, schriftlich oder durch Tastendruck abgegeben werden. Der veränderbare Schall wird von Paar zu Paar innerhalb einer Reihe gleich großer Stufen verändert. Die Paare werden in regelloser Reihenfolge (ideale Unordnung) dargeboten. Wenn bei diesem Verfahren sowohl der Standardschall als auch der Objektschall im Pegel verändert wird, erlaubt es eine unmittelbare Bestimmung des (interpolierten) Lautstärkepegels, vermeidet also den Umweg über Standard- und Objektlautstärke.

Der höhere Aufwand des Verfahrens gegenüber den Angleichverfahren wird teilweise dadurch wieder ausgeglichen, daß es bei geeigneter Meßanordnung eine gleichzeitige Bestimmung durch Beobachtergruppen erlaubt.

Um aus den Urteilen den Lautstärkepegel zu erhalten, muß ein statistisches Auswerteverfahren benutzt werden. In der Literatur wird dazu eine Reihe von Methoden angegeben. (Eine Zusammenstellung findet sich z. B. in: J.P. Guilford, Psychometric Methods, McGraw-Hill, New York, Toronto, London 1954.) Diese Verfahren haben i. allg. zur Voraussetzung, daß bei jedem Stufenwert gleich viele Urteile abgegeben werden. Einige von ihnen erfordern außerdem, daß die Stufen sich bis zu den Lautstärkepegeln erstrecken, bei denen auf der einen Seite nur „Leiser“-Urteile und auf der anderen Seite nur „Lauter“-Urteile vorkommen (vgl. z. B. R. Pauli und W. Arnold: Psychologisches Praktikum, Gustav Fischer Verl., Stuttgart, 1967, S. 30 ff, sowie M. Gosewinkel: Lautstärkemessung (Konstanzverfahren), DIN-Mitteilungen Band 37 (1958), H. 6, S. 253 und 255).