

Akustik

Spektren und Übertragungskurven

Begriffe, Darstellung

DIN
13 320

Acoustics; spectra and frequency curves; concepts, representation

1 Geltungsbereich und Zweck

Zweck dieser Festlegungen ist es, in der Akustik einheitliche Begriffe im Zusammenhang mit Spektren und Übertragungskurven sowie eine einheitliche graphische Darstellung in kartesischen Koordinaten festzulegen.

2 Begriffe

2.1 Frequenzmaßintervall, Intervall

Das Frequenzmaßintervall (kurz Intervall) F zwischen zwei Frequenzen f_1 und f_2 ($f_2 \geq f_1$) ist definiert als:

$$F = \lg(f_2/f_1) \text{ dec} = \lg(f_2/f_1) \text{ oct} \\ = 3 \lg(f_2/f_1) \text{ terz} = 1200 \lg(f_2/f_1) \text{ cent}$$

Anmerkung: Diese Größe heißt im Englischen „Frequency interval“, im Französischen „Intervalle de fréquence“ (siehe IEC-Publikation 27-3 (1974)).

Das Wort Intervall, das in anderen Anwendungsgebieten als der Akustik auch für Abschnitte in einer linearen Skala verwendet wird, rührt von der in der Musik üblichen Auftragung der Frequenzen in einer logarithmischen Skala her. In DIN 1317 Teil 1 wird diese Größe „Intervallmaß“ genannt. Es wird vorgeschlagen, bei einer linearen Frequenzskala die Abschnitte als „Frequenzbereiche“ zu bezeichnen.

2.1.1 Dekade, Oktave, Terz, Cent

Die im folgenden aufgeführten Benennungen spezieller Frequenzmaßintervalle und ihre Kurzzeichen können wie Einheiten verwendet werden.

Anmerkung: Im französischen Sprachbereich wird auch das Frequenzmaßintervall 1 Savart = $(1/1000)$ Dekade verwendet.

2.1.1.1 Dekade (Frequenzdekade)

Die Dekade ist ein Frequenzmaßintervall, dessen Frequenzverhältnis 10 ist. Kurzzeichen: dec

2.1.1.2 Oktave

Die Oktave ist ein Frequenzmaßintervall, dessen Frequenzverhältnis 2 ist. Kurzzeichen: oct

2.1.1.3 Terz (Drittel-Oktave)

Die Terz ist ein Frequenzmaßintervall, dessen Frequenzverhältnis $\sqrt[3]{2}$ ist. Kurzzeichen: terz

2.1.1.4 Cent

Das Cent ist ein Frequenzmaßintervall, dessen Frequenzverhältnis $\sqrt[1200]{2}$ ist. Kurzzeichen: cent

2.1.2 Beziehungen zwischen Dekade, Oktave, Terz und Cent

$$(\lg 2) \text{ dec} = 1 \text{ oct} = 3 \text{ terz} = 1200 \text{ cent}$$

2.1.3 Frequenzindex

Der Frequenzindex F_i ist ein Frequenzmaßintervall, das in Oktaven angegeben wird, und dessen Bezugsfrequenz den festen Wert 125 Hz hat:

$$F_i = \left(\lg \frac{f}{125 \text{ Hz}} \right) \text{ oct}$$

Anmerkung: Durch die Wahl der festen Bezugsfrequenz 125 Hz und die Angabe in Oktaven ergibt sich folgender Zusammenhang zwischen den Frequenzen der 1. Oktavfolge (siehe DIN 45 401) und dem Frequenzindex:

f in Hz	...	31,5	63	125	250	500	1000	...
F_i in oct	...	-2	-1	0	1	2	3	...

Die Werte des Frequenzindex schließen sich an die Indizierung in der Musik an (z. B. $c_1 = 261,6 \text{ Hz}$, $c_2 = 523,2 \text{ Hz}$).

2.2 Spektrum

Das Spektrum einer zeitabhängigen Funktion ist die Beschreibung ihrer Zerlegung in Komponenten (Anteile), die bestimmten Frequenzen, Frequenzbereichen oder Frequenzmaßintervallen zugeordnet sind.

In der graphischen Darstellung ist die Abszisse stets die Frequenzachse. Bei der vollständigen Bezeichnung eines Spektrums ist die auf der Ordinate aufgetragene Größe vor der auf der Abszisse aufgetragenen Größe zu nennen (z. B. Schalldruckpegel-Oktav-Spektrum).

Anmerkung 1: Die zeitliche Abhängigkeit kann periodisch oder unperiodisch sein. Periodische Funktionen haben Linienspektren, unperiodische Funktionen haben normalerweise frequenzkontinuierliche Spektren. Bei determinierten Zeitfunktionen ist für eine eindeutige Zuordnung des Spektrums zur Zeitfunktion die Angabe von Amplitude und Phase jeder Komponente notwendig. Die Amplituden der Komponenten werden allein durch den Zeitverlauf, die Phasen durch den Zeitverlauf und die willkürliche Wahl des Zeitnullpunktes bestimmt. Die Spektralkomponenten können auch durch Real- und Imaginärteil einer komplexen Größe dargestellt werden.

Beispiele: Dauerton, Impuls.

Bei stochastischen Prozessen ist nur ein reelles Leistungsdichtespektrum physikalisch sinnvoll und definiert.

Beispiele: Rauschvorgang, Verkehrsgeräusch.

Anmerkung 2: Als Spektrum wird auch die Beschreibung von Eigenschwingungen von Festkörpern und von Hohlräumen bezeichnet, z. B. Modenspektrum. Hier besteht eine gewisse mathematische Analogie zu den Linienspektren. Unter anderen lassen sich den Moden auch Frequenzen zuordnen, oberhalb derer sie erst in Erscheinung treten.

Fortsetzung Seite 2 bis 4

Normenausschuß Einheiten und Formelgrößen (AEF) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
 Normenausschuß Akustik und Schwingungstechnik (FANAK) im DIN

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

2.2.1 Linienspektrum

Ein Linienspektrum ist ein Spektrum, bei dem die Komponenten bei einer oder mehreren diskreten Frequenzen auftreten.

Beispiele: Spektrum eines periodischen Vorganges, Teiltonreihe eines Klanges.

2.2.2 Kontinuierliches Spektrum

Ein kontinuierliches Spektrum ist ein Spektrum, bei dem die Komponenten kontinuierlich über (mindestens) einen Frequenzbereich oder (mindestens) ein Frequenzmaßintervall verteilt sind.

Beispiele: Spektrum eines einmaligen Vorganges, Leistungsdichtespektrum eines Rauschvorganges.

Anmerkung 1: Die Filterbandbreite soll bei Langzeitspektren so klein gemacht werden, daß eine weitere Verkleinerung die Form des gemessenen Spektrums nicht mehr wesentlich ändert. Es ist jedoch zu beachten, daß mit abnehmender Filterbandbreite die zeitliche Auflösung der spektralen Zusammensetzung des Signals geringer wird.

Anmerkung 2: Wenn in einem kontinuierlichem Spektrum Linien enthalten sind, hängt es von der Filterbandbreite ab, wie sehr sich die gemessenen Amplituden der Linien und des Kontinuums unterscheiden.

2.2.3 Frequenzspektrum

Ein Frequenzspektrum ist ein Spektrum, bei dem die Frequenz linear als Abszisse aufgetragen ist. Die bei der Messung verwendete konstante Filterbandbreite ist anzugeben.

Beispiele: Fourier'sche Analyse von Klängen, Analyse von Geräuschen mit einem Filter konstanter Bandbreite („Suchtonanalyse“).

2.2.4 Frequenzmaßintervall-Spektrum, Intervallspektrum

Ein Frequenzmaßintervall-Spektrum (kurz Intervallspektrum) ist ein Spektrum, bei dem als Abszisse die Frequenzmaßintervalle in linearem Maßstab aufgetragen sind. Die bei der Messung verwendete konstante relative Bandbreite ist anzugeben.

Beispiel: Oktavanalyse eines Maschinengeräusches.

Anmerkung 1: Intervallspektren haben den Vorteil, daß das Gebiet der höher frequenten Anteile mehr und mehr zusammenrückt und damit ein größerer Frequenzbereich erfaßt wird.

Anmerkung 2: Häufig wird bei dieser Art des Spektrums die Frequenz in einem logarithmischen Maßstab auf der Abszisse aufgetragen. Die Normfrequenzen für akustische Messungen (siehe DIN 45 401) sind so gewählt, daß sich in jeder Dekade die gleiche Ziffernserie wiederholt. Bei den Reihen der Terzfolgen ist 1 Dekade in 10 Intervalle (näherungsweise Terzen) unterteilt.

Vielfach werden zur Unterteilung der Intervalle die Frequenzen als Normzahlen (siehe DIN 323 Teil 1) auf der Abszisse angeschrieben. Der Normreihe R 10 z. B. entspricht eine Einteilung in Terzen (Drittel-Oktaven).

2.2.5 Amplitudenspektrum

Ein Amplitudenspektrum ist ein Spektrum, das nur die Amplituden der Komponenten angibt. In der graphischen Darstellung wird die Amplitude in linearem Maßstab auf der Ordinate aufgetragen.

Beispiel: Teiltöne eines Klanges.

2.2.6 Phasenwinkelspektrum, Phasenspektrum

Ein Phasenwinkelspektrum (kurz Phasenspektrum) ist ein Spektrum, das nur die Phasenwinkel der Komponenten angibt. In der graphischen Darstellung wird der Phasenwinkel in linearem Maßstab auf der Ordinate aufgetragen.

2.2.7 Komplexes Amplitudenspektrum

Ein komplexes Amplitudenspektrum ist die Zusammenfassung von Amplituden- und Phasenwinkelspektrum.

2.2.8 Leistungsspektrum, Energiespektrum

Ein Leistungsspektrum (Energiespektrum) ist ein Spektrum, das die Leistung (Energie) der Komponenten angibt. In der graphischen Darstellung wird die Leistung (Energie) in linearem Maßstab auf der Ordinate aufgetragen.

2.2.9 Leistungsdichtespektrum, Energiedichtespektrum, Amplitudendichtespektrum

Ein Leistungsdichtespektrum (Energiedichtespektrum, Amplitudendichtespektrum) ist ein Spektrum, das die Leistung (Energie, Amplitude) bezogen auf die Bandbreite angibt. In der graphischen Darstellung wird die Leistungsdichte (Energiedichte, Amplitudendichte) in linearem Maßstab auf der Ordinate aufgetragen.

Anmerkung: Leistungsdichten (Energiedichten, Amplitudendichten) werden im allgemeinen mit einem Analysator der konstanten Bandbreite Δf gemessen und auf die Bandbreite 1 Hz umgerechnet. Die bei der Messung verwendete Bandbreite ist anzugeben.

2.2.10 Pegelspektrum

Ein Pegelspektrum ist ein Spektrum, das die aus den Komponenten gebildeten Pegel angibt. In der graphischen Darstellung wird der Pegel in linearem Maßstab auf der Ordinate aufgetragen.

Anmerkung: Bei der Auftragung der Pegel (siehe DIN 5493) anstelle linear aufgetragener Amplituden wird ein größerer Amplitudenbereich erfaßt. Dadurch können schwache Komponenten besser in Erscheinung treten.

2.2.11 Pegel-Frequenz-Spektrum

Ein Pegel-Frequenz-Spektrum ist ein Spektrum, das die spektralen Pegel, das sind die Pegel in einem Frequenzbereich von 1 Hz, als Funktion der zugehörigen Frequenz angibt.

Anmerkung: Spektrale Pegel werden im allgemeinen nicht mit einem Analysator der Bandbreite 1 Hz, sondern mit einem Filter der konstanten Bandbreite Δf gemessen. Bei einem kontinuierlichen Spektrum läßt sich der in der Filterbandbreite Δf gemessene Pegel $L_{\Delta f}$ in den spektralen Pegel L_s umrechnen:

$$L_s = L_{\Delta f} - 10 \lg \left(\frac{\Delta f}{1 \text{ Hz}} \right) \text{ dB}$$

Die bei der Messung verwendete Filterbandbreite ist anzugeben.

2.2.12 Pegel-Intervallspektrum

Ein Pegel-Intervallspektrum ist ein Spektrum, bei dem die Bandpegel, das sind die Pegel der Anteile in den verschiedenen Frequenzmaßintervallen, über dem jeweiligen Frequenzmaßintervall aufgetragen sind.

Anmerkung 1: Damit der Name des Intervalls nicht zweimal genannt werden muß, wird der exakte Ausdruck „Bandpegel-Intervallspektrum“ zu „Pegel-Intervallspektrum“ gekürzt.

Beispiel: Schalldruckpegel-Oktavspektrum statt genauer Oktavschalldruckpegel-Oktavspektrum.

Anmerkung 2: Sollen kontinuierliche Spektren, die mit Terzfiltern (Drittel-Oktav-Filtern) aufgenommen wurden, mit Oktavspektren verglichen werden, so müssen die gemessenen Terzpegel auf Oktavpegel umgerechnet werden. Da die Oktave das dreifache Intervall der Terz ist, gilt

$$L_{\text{Okt}} = L_{\text{terz}} + 10 \lg 3 \text{ dB} = L_{\text{terz}} + 4,8 \text{ dB}.$$

Diese Umrechnung ist jedoch nur sinnvoll, wenn die drei Terzpegel in der betrachteten Oktave annähernd gleich sind.