Tabellen und Diagramme zu Kapitel 2

Akustik – *Acoustics*

Redakteur: R. Martin †

2.01 Schallgeschwindigkeit in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen – *Velocity of sound in solids, liquids and gases* (P. Dämmig) 325

2.01a Schallgeschwindigkeit in Festkörpern bei 15 °C bis 20 °C 325

2.01b Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten 326

2.01c Schallgeschwindigkeit in Gasen und Dämpfen unter Normdruck 101,3 kPa 326

2.02 Schallschwächungswerte in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen – *Sound attenuation data of some solids, liquids and gases* (K. Brendel) 326

2.02a Schallschwächung in Festkörpern für Longitudinalwellen bei Zimmertemperatur 327

2.02b Schallschwächung in Flüssigkeiten 327

2.02c Schallschwächung in Gasen und Dämpfen 328

2.03 Schallschwächung in destilliertem Wasser als Funktion der Temperatur – *Sound attenuation in distilled water as a function of temperature* (K. Brendel) 328

2.04 Dämpfungskonstante *m* für Ausbreitung der Schallenergie in feuchter Luft ($t = 20\,°C$, $p_s = 101{,}3$ kPa) – *Attenuation coefficient m for propagation of sound energy in humid air* ($t = 20\,°C$, $p_s = 101{,}3$ kPa) (P. Dämmig) . . 329

2.05 Zulässiger Störschalldruckpegel für Hörschwellenmessungen an normalhörenden Personen – *Maximum permissible ambient sound pressure level for the determination of the threshold of hearing of otologically normal persons* (K. Brinkmann) 330

2.06 Mittlerer Hörschwellenpegel für normalhörende Personen im Alter zwischen 18 und 30 Jahren bei beidohrigem Hören im freien und im diffusen Schallfeld – *Sound pressure level corresponding to the median value of the binaural threshold of hearing of otologically normal persons within the age limits* 18 *to* 30 *years inclusive in a free and in a diffuse sound field* (K. Brinkmann) 331

2.07 Hörschwelle von Personen ohne bekannte Schwerhörigkeitsursache als Funktion des Lebensalters – *Threshold of hearing as a function of age for persons without any known cause of hearing impairment* (K. Brinkmann) 331

2.08 Relatives Freifeld-Übertragungsmaß in dB von Schallmeßgeräten mit Frequenzbewertung A, B, C oder D – *Relative free field frequency response of sound measuring instruments with frequency weighting* A, B, C *or* D, *in decibels* (R. Martin †) 333

2.09 Schalleistungspegel von Maschinen – *Sound power level of machines* (R. Martin †) 334

2.10 Richtwerte für Geräuscheinwirkungen im Wohnbereich (nach VDI 2058 Blatt 1) – *Recommended limit values for the noise exposure in residential areas* (after VDI 2058 Part 1) (R. Martin †) 334

2.11 Richtwerte für Geräuscheinwirkungen an Arbeitsplätzen (nach VDI 2058 Blatt 3) – *Recommended limit values for the noise exposure at working places* (after VDI 2058 Part 3) (R. Martin †) 335

2.01 Schallgeschwindigkeit in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen – *Velocity of sound in solids, liquids and gases* (P. Dämmig)

ϱ Dichte, μ Poisson-Zahl, c_L Geschwindigkeit von Longitudinalwellen im unendlich ausgedehnten Medium, c_T Geschwindigkeit von Transversalwellen im unendlich ausgedehnten Medium, c_D Geschwindigkeit von Dehnwellen (Quasi-Longitudinalwellen in dünnen Stäben), E Elastizitätsmodul, G Torsionsmodul, t Meßtemperatur.

Die Angaben in verschiedenen Quellen weichen z.T. merklich voneinander ab. Deshalb wurden die Werte i.allg. auf zwei bzw. drei geltende Ziffern gerundet.

Literatur zu Tab. T 2.01a bis c (darin ausführliche Angaben):

D'Ans-Lax (1992): Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Bd. 1: Physikalisch-chemische Daten, 4. Aufl. Berlin usw.: Springer

Czichos, H. (Hrsg.) (1991): Hütte – Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften. 29. Aufl., korr. Nachdruck. Berlin usw.: Springer

Kaye, G.W.C.; Laby, T.H. (1986): Tables of Physical and Chemical Constants, 15th Ed. Chichester/Sussex: Wiley & Sons

Kristen, Th.; Müller, H.W. (1960): Bestimmung des dynamischen Elastizitätsmoduls und des Verlustfaktors verbreiteter Baustoffe. In: Körperschall in Gebäuden. Berlin: Ernst & Sohn

Kunststoff-Handbuch (1969 u. 1986): Band II, IV, V. München: Hanser

Landolt-Börnstein: Zahlenwerte und Funktionen, 6. Aufl. Bd. II, 1. Teil (1971) und Bd. IV, 1. Teil (1955) sowie Neue Serie, Gruppe II, Bd. 5 (1967). Berlin: Springer

Neisecke, J. (1980): Ultraschall-Impulstechnik für Betonbauteile. TU Braunschweig, Inst. f. Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Forschungsauftr. BM Bau

Rupprecht, J. (1960): Körperschallfortleitung in Mauerwerk. In: Körperschall in Gebäuden. Berlin: Ernst & Sohn

Lide, D.R. (Hrsg.) (1992): CRC Handbook of Chemistry and Physics. 73rd Ed., Boca Raton, Florida, USA: CRC Press

2.01a Schallgeschwindigkeit in Festkörpern bei 15 °C bis 20 °C

Material	ϱ g/cm³	μ	c_L km/s	c_T km/s	c_D km/s	Material	ϱ g/cm³	μ	c_L km/s	c_T km/s	c_D km/s
Aluminium	2,7	0,34	6,4	3,1	5,1	Glas					
Blei	11,4	0,44	2,1	0,7	1,2	Kron-	2,2	0,28[1])	5,1	2,8	4,5
Eisen	7,9	0,29	6,0	3,2	5,2	Quarz-	2,3	0,18	5,6	3,5	5,4
Germanium	5,3	0,31	4,6	2,4	3,9	Kork	0,2				0,5
Gold	19,7	0,42	3,2	1,2	2,0	(komprimiert)					
Kobalt	8,9	0,31	5,7	3,0	4,9	Marmor	2,6	0,30	6,2	3,3	3,8
Kupfer	8,9	0,35	4,7	2,3	3,8	Messing	8,6	0,37[1])	4,7	2,1	3,5
Magnesium	1,7	0,28	5,7	3,1	5,0	Plexiglas	1,2	0,35	2,7	1,3	2,2
Nickel	8,9	0,31	6,0	3,0	4,9	Polyethylen	0,9	0,35[3])	2,0		
Platin	21,4	0,39	3,3	1,7	2,8	Polystyrol	1,0	0,35[1])	2,4	1,1	1,8
Silber	10,4	0,37	3,7	1,7	2,8	Polyvinil-	1,4	0,30[3])	2,3		
Uran	19,1	0,25	3,4	1,9	3,1	chlorid					
Zink	7,1	0,25	4,2	2,4	3,8	Porzellan	2,3	0,23	5,3	3,1	4,9
Zinn	7,3	0,33	3,3	1,7	2,7	Sand	1,7				0,1
Basalt	3,0	0,31	5,9	3,1	5,1						bis
Beton	2,2	0,22	4,2	2,5	3,9[2])						0,3
Eis (−4 °C)	0,9	0,33	4,0	2,0	3,3	Stahl					
Glas						Fluß-	7,8	0,31	6,0	3,1	5,0
Flint-	3,9	0,22	4,0	2,4	3,7	Ziegel	2,0				3,1[4])

[1]) berechnet aus c_L, c_T, c_D. [2]) berechnet aus μ, c_L, c_T.
[3]) berechnet aus E, G. [4]) berechnet aus E, ϱ.

2.01b Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten

Flüssigkeit	t °C	ϱ g/cm³	c_L km/s	Flüssigkeit	t °C	ϱ g/cm³	c_L km/s
Aceton	20	0,79	1,19	Sauerstoff	−182,9	1,14	0,91
Ammoniak (konz.)	16	0,88	1,66	Stickstoff	−197	0,82	0,87
Benzin	17	0,68	1,17	Toluol	20	0,86	1,32
Benzol	20	0,88	1,32	Wasser	0	1,000	1,403
Ethylalkohol	20	0,79	1,16	(destilliert)	20	0,988	1,483
Glyzerin	20	1,26	1,90		40	0,992	1,529
Kochsalzlösung					60	0,983	1,551
1%	25	1,01	1,52		80	0,971	1,555
25%	25	1,19	1,77		100	0,958	1,543
Paraffinöl	33,5	0,8	1,42	Wasser			
Petroleum	15	0,8	1,33	(Seewasser)	20	1,03	1,522
Quecksilber	20	13,5	1,45	(schweres)	19,8	1,10	1,383
Salzsäure (konzentriert)	15,5	1,19	1,52	Wasserstoff	−252	0,07	1,150

2.01c Schallgeschwindigkeit in Gasen und Dämpfen unter Normdruck 101,3 kPa

Gas/Dampf	t °C	ϱ kg/m³	c_L m/s	Gas/Dampf	t °C	ϱ kg/m³	c_L m/s
Acetylen	0	1,17	327	Luft	20	1,21	344
Ammoniak	0	0,77	415		40		355
Argon	0	1,78	319		100		387
Brom	58		149	Methan	0	0,72	430
Chlor	0	3,22	206	Neon	0	0,90	435
Helium	0	0,18	971	Propan	0	2,02	238
Kohlenoxid	0	1,25	338	Sauerstoff	0	1,43	316
Kohlendioxid	0	1,98	259	Stickstoff	0	1,25	334
	18		266	Wasserdampf	134		494
Leuchtgas	0		453	Wasserstoff	0	0,09	1284
Luft	−40		307		18		1301
	−20		319	Wasserstoff	0		890
	0	1,29	331	(schwerer)			

2.02 Schallschwächungswerte in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen – *Sound attenuation data of some solids, liquids and gases* (K. Brendel)

Der Schwächungskoeffizient α ist für ebene Wellen definiert durch $p_x = p_0 e^{-\alpha x}$.

α hat die Dimension 1/m, p_x Schalldruck an der Stelle x, p_0 Schalldruck an der Stelle $x = 0$, x Schallaufweg, t Temperatur, f Frequenz. Die Änderung des Schalldrucks auf dem Wege x kann auch in Dezibel (dB) angegeben werden:

$$20 \lg \frac{p_x}{p_0} \text{ dB} = -\alpha' x$$

α' hat die Dimension dB/m. Es gilt

$$\alpha' = \frac{20}{\ln 10} \alpha \text{ dB} = 20 \lg e \alpha \text{ dB} = 8{,}686 \alpha \text{ dB}.$$

Fortsetzung T 2.02

Die Angaben in verschiedenen Quellen weichen z.T. merklich voneinander ab. Besonders große Unterschiede werden bei festen Stoffen festgestellt, da die Schallschwächung stark von der Struktur des Materials (Korngröße, Versetzungsdichte u.a.) abhängt.

Mit wesentlich größeren Unterschieden sind die Schwächungswerte von biologischen Substanzen behaftet. Sie erscheinen daher nicht im Tafelband. Es wird auf die zusammenfassende Veröffentlichung von Chivers and Parry und auf das Buch von Wells verwiesen.

Literatur zur Tab. T 2.02 (darin ausführliche Angaben):
D'Ans-Lax (1949): Taschenbuch für Chemiker und Physiker. 2. Aufl. Berlin: Springer
Kaye, G.W.C.; Laby, T.H. (1973): Tables of Physical and Chemical Constants. 14th Ed. London: Longman Group Ltd.

Weitere Quellen:
Landolt-Börnstein: Zahlenwerte und Funktionen, 6. Aufl. Bd. IV, 1. Teil (1955) und Neue Serie, Gruppe II, Bd. 5 (1967). Berlin: Springer
Chivers, R.C.; Parry, R.J. (1977): Ultrasonic velocity and attenuation in mammalian tissues. J. of the Acoust. Soc. Amer. **63**, 940–953
Wells, P.N.T. (1977): Biomedical Ultrasonics. London: Academic Press

2.02a Schallschwächung in Festkörpern für Longitudinalwellen bei Zimmertemperatur

Material	f MHz	α m^{-1}	Material	f MHz	α m^{-1}
Aluminium	10	0,40	Plexiglas	2,5	57
Butylgummi (gefüllt)	0,35	133	Polyethylen	1	54
Duraluminium	10	1,23	Polystyrol	2,5	23
Granit	0,6	60	Polyvinylchlorid	0,35	3,5
Gummi (Kautschuk)	0,35	15	Polyvinylchloridacetat	10	1270
Gummi (gefüllt)	0,35	37	Polyvinylidenchlorid	2,5	207
Kronglas	10	2	Quarz (X-Schnitt)	10	0,0127
Neopren	2,5	230	Werkzeugstahl	10	4,9
Nylon	1	11,5	(gehärtet)		

2.02b Schallschwächung in Flüssigkeiten

Flüssigkeit	t °C	f MHz	α/f^2 10^{-15} m^{-1} Hz^{-2}	Flüssigkeit	t °C	f MHz	α/f^2 10^{-15} m^{-1} Hz^{-2}
Aceton	20	9	54	Natrium	150	20	13,5
Ameisensäure	20	10	1340	Olivenöl	22	3	1350
n-Amylalkohol	29	15	106	Quecksilber	20	100	5,5
Argon	−186	44	10	Rizinusöl	19	3	10900
Benzol	20	200	840	Sauerstoff	−186	44	8,6
Blei	340	20	9,4	Schwefel	130	10	120
Chloroform	20	100	400	Stickstoff	−189	15	79
Diethylether	25	10	140	Tetrachlor-	20	100	540
Ethylacetat	30	20	52	kohlenstoff			
Ethylalkohol	20	10	52	Wasserstoff	−258	44	6
Glyzerin	20	4	2000	Wismut	280	15	8
Kalium	150	20	14	Zink	450	20	3,7
Kerosin	25	10	110	Zinn	240	20	5,6
Methylalkohol	20	5	43				

2.02c Schallschwächung in Gasen und Dämpfen

Gas/Dampf	t °C	f kHz	Gasdruck bar	α/f^2 10^{-11} m^{-1} Hz^{-2}
Aceton	58	97,8	–	520
	58	695	–	15
Benzol	90	97,8	–	1050
	90	695	–	39
Deuterium	19,6	921	0,893	7,191
Diethylether	35	97,8	–	210
Ethylalkohol	80	97,8	–	730
	80	695	–	21
Helium	17,5	589,9	~1	4,325
Kohlendioxid	20	–	–	1,3
Kohlenmonoxid	18,7	304,4	0,85	11,57
Methylalkohol	67	97,8	–	53
	67	695	–	1
Neon	19	304,4	0,65	11,7
Sauerstoff	19,6	598,9	0,991	3,36
Stickstoff	19,9	598,9	0,978	2,7
Stickstoffmonoxid	16,3	598,9	0,954	3,54
Tetrachlorkohlenstoff	77	97,8	–	370
	77	695	–	6,2
Wasserstoff	18,3	598,9	0,905	7,81
	20,9	304	0,9	34,53

2.03 Schallschwächung in destilliertem Wasser als Funktion der Temperatur*) – *Sound attenuation in distilled water as a function of temperature* (K. Brendel)

t °C	α/f^2 10^{-15}m^{-1}Hz^{-2}	t °C	α/f^2 10^{-15}m^{-1}Hz^{-2}	t °C	α/f^2 10^{-15}m^{-1}Hz^{-2}
0	56,9	30	19,1	80	7,89
5	44,1	40	14,61	90	7,24
10	35,8	50	11,99	100	6,87
15	29,8	60	10,15		
20	25,3	70	8,71		

*) Nach Pinkerton, J.M.M. (1949): The Absorption of Ultrasonic Waves in Liquids and its Relation to Molecular Constitution. Proc. Phys. Soc. **B 62**, 129–141

2.04 Dämpfungskonstante *m* für Ausbreitung der Schallenergie in feuchter Luft ($t = 20\,°C$, $p_s = 101{,}3$ kPa) – *Attenuation coefficient m for propagation of sound energy in humid air* ($t = 20\,°C$, $p_s = 101{,}3$ kPa) (P. Dämmig)

Für die Ausbreitung der Schallintensität zwischen den Orten x_1 und x_2 gilt

$$I(x_2) = I(x_1)\exp(-m(x_2 - x_1)).$$

Die Original-Tabelle von Bazley gibt die Dämpfung ΔL_I in dB/km an. Es gilt

$$\frac{m}{\text{Meter}^{-1}} = 2{,}303 \cdot 10^{-4}\,\frac{\Delta L_I}{\text{dB/km}}$$

Die Original-Tabelle enthält Werte für Temperaturen 0 °C bis 30 °C und rel. Feuchten 10% bis 95%, außerdem für $p_S = 40$, 60 und 80 kPa bei $t = 20$ °C. Sie enthält auch Formeln für die Werte-Berechnung bei beliebigen Parameter-Werten.

f Meßfrequenz (Sinuston)

f Hz	relative Feuchte in % 10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Dämpfungskonstante $\times 10^3$ in Meter^{-1}								
500	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
630	1,2	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0
800	1,9	1,9	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1
1 000	2,8	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3
1 250	4,2	2,0	1,5	1,3	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4
1 600	6,5	3,2	2,2	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7
2 000	9,5	4,7	3,2	2,5	2,3	2,0	2,0	2,0	2,0
2 500	13,5	7,1	4,7	3,6	3,0	2,7	2,5	2,5	2,4
3 150	18,9	10,9	7,1	5,3	4,4	3,8	3,5	3,3	3,1
4 000	25,4	16,6	11,1	8,2	6,6	5,6	5,0	4,6	4,3
5 000	32,1	24,4	16,7	12,4	9,9	8,3	7,3	6,6	6,1
6 300	38,8	35,3	25,3	19,0	15,2	12,7	11,0	9,8	8,9
8 000	45	50	38	29	24	20	17	15	14
16 000	62	103	108	96	83	71	62	55	49
31 500	92	160	210	231	231	219	203	187	172
63 000	202	281	363	434	488	522	537	538	529
100 000	424	505	596	687	772	846	904	947	974

Berechnet nach Bazley, E.N.(1976): Sound absorption in air at frequencies up to 100 kHz. National Physical Laboratory, NPL Acoustics Report Ac 74, London.

Weitere Tabellen: ISO 3891-1978 Acoustics - Procedure for describing aircraft noise heard on the ground. (Werte in dB/100 m für Terz-Frequenzbereiche mit Mittenfrequenzen 50 Hz bis 10 kHz, Temperaturen −10 °C bis 40 °C, rel. Feuchte 10% bis 100%.) – ISO 9613 (1993): Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere. (Werte in dB/km für Frequenzen 50 Hz bis 10 kHz, Luftdruck 101,325 kPa, Temperatur −20 °C bis 50 °C, rel. Feuchte 10% bis 100%.) – Lide, D.R. (Hrsg.) (1992): CRC Handbook of Chemistry and Physics. 73rd Ed., Boca Raton, Florida, USA: CRC Press. (Werte in dB/km für Frequenzen 20 Hz bis 80 kHz, Temperatur 20 °C, rel. Feuchte 0% bis 100%.)

2.05 Zulässiger Störschalldruckpegel für Hörschwellenmessungen an normalhörenden Personen – *Maximum permissible ambient sound pressure level for the determination of the threshold of hearing of otologically normal persons*

(K. Brinkmann)

Terz-Mittenfrequenz in Hz	Schalldruckpegel in Terzbändern (bezogen auf 20 μPa) in dB bei Hörschwellenmessungen über Lautsprecher oder Knochenleitungshörer	bei Hörschwellenmessungen mit einem supraauralen Kopfhörer	Terz-Mittenfrequenz in Hz	Schalldruckpegel in Terzbändern (bezogen auf 20 μPa) in dB bei Hörschwellenmessungen über Lautsprecher oder Knochenleitungshörer	bei Hörschwellenmessungen mit einem supraauralen Kopfhörer
31,5	57	56	630	1	18
40	43	52	800	1	20
50	31	47	1 000	1	23
63	25	42	1 250	1	25
80	21	38	1 600	2	27
100	18	33	2 000	2	30
125	14	28	2 500	1	32
160	11	23	3 150	–1	34
200	9	20	4 000	–4	36
250	6	19	5 000	–2	35
315	4	18	6 300	3	34
400	3	18	8 000	10	33
500	2	18	10 000	20	

Gemäß DIN ISO 4869 Teil1 (1991): Akustik; Gehörschützer; Subjektive Methode zur Messung der Schalldämmung (identisch mit ISO 4869-1: 1990) (Spalte 2) und DIN ISO 8253 Teil 1 (1992): Akustik; Audiometrische Prüfverfahren. Teil 1: Grundlegende Verfahren der Luft- und Knochenleistungs-Schwellenaudiometrie mit reinen Tönen (identisch mit ISO 8253-1: 1989) (Spalte 3).

Erläuterungen:

– Die Daten gelten, wenn der kleinste zu messende Hörschwellenpegel 0 dB beträgt. Ist er größer oder kleiner als 0 dB, erhöhen bzw. erniedrigen sich die zulässigen Störschalldruckpegel um gleiche Beträge wie die Hörschwellenpegel.

– Die Daten in Spalte 3 gelten unter Berücksichtigung der Schalldämmung üblicher supraauraler Kopfhörer (s. z.B. Brinkmann, K.; Richter, U. (1980): Kopfhörer DT 48 : Schalldämmung und Ohrverschlußeffekt. Acustica **47**, 53-54. Bei Verwendung anderer Kopfhörer sind Schalldämmungs-Unterschiede zu berücksichtigen.

– Die Schalldruckpegel in Spalte 2 gelten für Hörschwellenmessungen bei einer tiefsten Meßfrequenz von 63 Hz, diejenigen in Spalte 3 für eine tiefste Meßfrequenz von 125 Hz. Ist die tiefste Meßfrequenz größer als 63 Hz bzw. 125 Hz, sind wegen des geringeren Verdeckungseffektes in den Terzbändern unterhalb der tiefsten Meßfrequenz höhere Schalldruckpegel zulässig (s. DIN ISO 4869 T 1 und DIN ISO 8253 T 1).

2.06 Mittlerer Hörschwellenpegel für normalhörende Personen im Alter zwischen 18 und 30 Jahren bei beidohrigem Hören im freien und im diffusen Schallfeld – *Sound pressure level corresponding to the median value of the binaural threshold of hearing of otologically normal persons within the age limits* 18 *to* 30 *years inclusive in a free and in a diffuse sound field* (K. Brinkmann)

Frequenz in Hz	Hörschwellenpegel (bezogen auf 20 µPa) in dB bei beidohrigem Hören		Frequenz in Hz	Hörschwellenpegel (bezogen auf 20 µPa) in dB bei beidohrigem Hören	
	im freien Schallfeld bei frontalem Schalleinfall	im diffusem Schallfeld		im freien Schallfeld bei frontalem Schalleinfall	im diffusem Schallfeld
20	78,2	78,2	630	2,6	1,7
25	68,1	68,1	800	1,9	0,7
31,5	58,9	58,9	1 000	1,9	0,3
40	50,6	50,6	1 250	1,4	−0,2
50	43,7	43,7	1 600	0,2	−1,0
63	37,3	37,3	2 000	−1,6	−1,8
80	31,5	31,5	2 500	−4,1	−3,0
100	26,6	26,6	3 150	−6,3	−4,3
125	22,2	22,2	4 000	−6,4	−4,8
160	17,8	17,8	5 000	−2,9	−3,2
200	14,3	14,3	6 300	4,1	0,6
250	11,1	11,1	8 000	11,5	5,7
315	8,3	8,1	10 000	13,3	9,2
400	5,8	5,4	12 500	11,2	13,3
500	4,0	3,4	16 000	43,5	47,0

Gemäß ISO/DIS 389-7 (1993): Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment. Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listenings conditions

2.07 Hörschwelle von Personen ohne bekannte Schwerhörigkeitsursache als Funktion des Lebensalters – *Threshold of hearing as a function of age for persons without any known cause of hearing impairment* (K. Brinkmann)

Frequenz in Hz	Alter Jahre	Hörverlust in dB, bezogen auf die mittlere Hörschwelle von Achtzehnjährigen, der bei einem gegebenen Prozentsatz von Personen ohne bekannte Schwerhörigkeitsursache überschritten wird									
		Männer					Frauen				
		90%	75%	50%	25%	10%	90%	75%	50%	25%	10%
125	30	–	–	–	5	10	–	–	–	5	9
	40	–	–	2	7	12	–	–	2	6	11
	50	–	–	3	9	14	–	–	3	9	13
	60	–	–	5	12	18	–	–	5	11	17
	70	–	2	8	15	22	–	3	8	15	21
250	30	–	–	–	5	9	–	–	–	5	9
	40	–	–	2	6	11	–	–	2	6	10
	50	–	–	3	9	13	–	–	3	8	13
	60	–	–	5	11	17	–	1	5	11	16
	70	–	3	8	15	21	–	3	8	15	21

Fortsetzung T 2.07

Frequenz in Hz	Alter Jahre	Hörverlust in dB, bezogen auf die mittlere Hörschwelle von Achtzehnjährigen, der bei einem gegebenen Prozentsatz von Personen ohne bekannte Schwerhörigkeitsursache überschritten wird									
		Männer					Frauen				
		90%	75%	50%	25%	10%	90%	75%	50%	25%	10%
500	30	–	–	1	5	9	–	–	1	5	9
	40	–	–	2	6	11	–	–	2	6	11
	50	–	–	4	9	14	–	–	4	9	14
	60	–	1	6	12	18	–	1	6	12	18
	70	–	4	10	16	23	–	4	10	16	23
1 000	30	–	–	1	5	9	–	–	1	5	9
	40	–	–	2	7	11	–	–	2	7	11
	50	–	–	4	9	14	–	–	4	9	14
	60	–	2	7	13	19	–	2	7	13	19
	70	–	5	11	18	25	–	5	11	18	25
1 500	30	–	–	1	6	10	–	–	1	5	10
	40	–	–	3	8	13	–	–	2	8	12
	50	–	1	6	12	17	–	–	5	11	17
	60	–	4	10	17	24	–	3	9	16	22
	70	1	8	15	24	32	1	7	14	22	30
2 000	30	–	–	1	6	11	–	–	1	6	10
	40	–	–	3	9	15	–	–	3	8	13
	50	–	2	7	14	21	–	1	6	13	18
	60	–	6	12	21	29	–	4	11	18	25
	70	3	11	19	30	39	2	9	16	26	34
3 000	30	–	–	2	7	13	–	–	1	6	11
	40	–	–	6	13	19	–	–	4	10	15
	50	–	5	12	21	29	–	2	8	15	21
	60	3	11	20	32	42	–	6	13	22	30
	70	9	19	31	46	59	4	12	20	31	41
4 000	30	–	–	2	9	14	–	–	1	7	12
	40	–	1	8	16	23	–	–	4	11	17
	50	–	8	16	27	36	–	3	9	17	24
	60	7	17	28	42	55	1	8	16	26	35
	70	15	28	43	62	79	5	14	24	37	48
6 000	30	–	–	3	10	16	–	–	2	8	14
	40	–	2	9	18	26	–	–	6	14	21
	50	–	9	18	30	41	–	5	12	22	31
	60	8	19	32	48	62	2	11	21	34	45
	70	17	32	49	70	> 80	9	20	32	48	62
8 000	30	–	–	3	11	19	–	–	2	10	17
	40	–	2	11	21	30	–	–	7	17	25
	50	1	11	23	36	49	–	6	15	27	38
	60	10	24	39	58	75	4	14	27	42	55
	70	22	40	60	> 80	> 80	11	25	41	60	77

Gemäß DIN EN 27 029 (1992): Akustik; Luftleitungshörschwelle in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht otologisch normaler Personen (identisch mit ISO 7029: 1984)

2.08 Relatives[1]) Freifeld-Übertragungsmaß in dB von Schallmeßgeräten mit Frequenzbewertung A, B, C oder D – *Relative free field frequency response of sound measuring instruments with frequency weighting* A, B, C *or* D, *in decibels* (R. Martin †)

Nennfrequenz[2]) Hz	genaue Frequenz[3]) Hz	Frequenzbewertung[4]) A	B	C	D
10	10,00	−70,4	−38,2	−14,3	−26,6
12,5	12,59	−63,4	−33,2	−11,2	−24,6
16	15,85	−56,7	−28,5	− 8,5	−22,6
20	19,95	−50,5	−24,2	− 6,2	− 20,6
25	25,12	−44,7	−20,4	− 4,4	− 18,7
31,5	31,62	−39,4	−17,1	− 3,0	−16,7
40	39,81	−34,6	−14,2	− 2,0	−14,7
50	50,12	−30,2	−11,6	− 1,3	−12,8
63	63,10	−26,2	− 9,3	− 0,8	−10,9
80	79,43	−22,5	− 7,4	− 0,5	− 9,0
100	100,0	−19,1	− 5,6	− 0,3	− 7,2
125	125,9	−16,1	− 4,2	− 0,2	− 5,5
160	158,5	−13,4	− 3,0	− 0,1	− 4,0
200	199,5	−10,9	− 2,0	0,0	2,6
250	251,2	− 8,6	− 1,3	− 0,0	− 1,6
315	316,2	− 6,6	− 0,8	− 0,0	− 0,8
400	398,1	− 4,8	− 0,5	− 0,0	− 0,4
500	501,2	− 3,2	− 0,3	− 0,0	− 0,3
630	631,0	− 1,9	− 0,1	− 0,0	− 0,5
800	794,3	− 0,8	− 0,0	− 0,0	− 0,6
1 000	1 000	0	0	0	0
1 250	1 259	0,6	− 0,0	− 0,0	2,0
1 600	1 585	1,0	− 0,0	− 0,1	4,9
2 000	1 995	1,2	− 0,1	− 0,2	7,9
2 500	2 512	1,3	− 0,2	− 0,3	10,4
3 150	3 162	1,2	− 0,4	− 0,5	11,6
4 000	3 981	1,0	− 0,7	− 0,8	11,1
5 000	5 012	0,5	− 1,2	− 1,3	9,6
6 300	6 310	− 0,1	− 1,9	− 2,0	7,6
8 000	7 943	− 1,1	− 2,9	− 3,0	5,5
10 000	10 000	− 2,5	− 4,3	− 4,4	3,4
12 500	12 590	− 4,3	− 6,1	− 6,2	1,4
16 000	15 850	− 6,6	− 8,4	− 8,5	− 0,7
20 000	19 950	− 9,3	−11,1	−11,2	− 2,7

[1]) Die Werte sind auf den Übertragungsfaktor bei 1000 Hz bezogen.
[2]) Nennfrequenzen nach DIN 45 401.
[3]) genaue Frequenz $f = 1000 \cdot 10^{n/10}$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$
[4]) Die Werte sind aus der in DIN IEC 651 und IEC 537 angegebenen Pol-Nullstellen-Anordnung berechnet.

2.09 Schalleistungspegel von Maschinen[1]) – *Sound power level of machines* (R. Martin †)

Schallquelle	A-bewerteter Schalleistungspegel in dB	Schallquelle	A-bewerteter Schalleistungspegel in dB
Flugzeug (mehrstrahlig)	150	Bohrmaschine, Antriebsleistung 6 kW Leerlauf	85 bis 95
Schnellzug	120 bis 130	Schleifmaschine, Antriebsleistung 1 kW Leerlauf	85 bis 95
Bohrhämmer, handgeführt	108 bis 126	Kaltkreissäge, Antriebsleistung 6 kW Leerlauf	80 bis 87
Lastkraftwagen (über 12 t)	110 bis 115	elektrische Schreibmaschinen	68 bis 75
Personenkraftwagen	100 bis 105	Arbeitsplatzcomputer (ohne Drucker)	45 bis 55
große Turbokompressoren, Antriebsleistung 300 bis 20 000 kW, wassergekühlt	95 bis 110	Bürokopiergeräte	67 bis 71
Rotationskompressoren, Antriebsleistung 10 kW, wassergekühlt	90 bis 95	Haushaltsmixgeräte	80 bis 85
Elektrische Asynchronmaschine, Nennleistung bis 55 kW	63 bis 93	Haushaltsstaubsauger	71 bis 83
Fahrrad mit Hilfsmotor	95 bis 97	Haushaltsgeschirrspülmaschinen	65 bis 70
Rasenmäher	96 bis 105	Waschmaschinen (Waschvorgang)	50 bis 67
Dickenhobelmaschinen (Lastlauf)	93 bis 102		
Tischfräsmaschinen (Lastlauf)	90 bis 98		

Der mittlere A-bewertete Schalldruckpegel in der Entfernung r (in Meter) vom Mittelpunkt der Schallquelle ergibt sich durch Abzug von $\Delta L = (8 + 20 \lg r)$ dB

[1]) Beispiele, Stand 1992

2.10 Richtwerte für Geräuscheinwirkungen im Wohnbereich (nach VDI 2058 Blatt 1) – *Recommended limit values for the noise exposure in residential areas* (after VDI 2058 Part 1) (R. Martin †)

Im allgemeinen ist eine Gefährdung, erhebliche Benachteiligung oder erhebliche Belästigung nicht gegeben, wenn der 0,5 m außerhalb des geöffneten Fensters des betroffenen Wohnraumes gemessene Beurteilungspegel (s. 2.6.5) niedriger ist als folgende Richtwerte:

Einwirkungsort (Beschreibung der Umgebung)	Richtwert in dB für den Beurteilungspegel	
	tags	nachts
nur gewerbliche Anlagen und ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber, Betriebsleiter, Aufsichts- und Bereitschaftspersonal	70	70
vorwiegend gewerbliche Anlagen	65	50
weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen	60	45
vorwiegend Wohnungen	55	40
ausschließlich Wohnungen	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	45	35

Fortsetzung T 2.10

Unabhängig von der Lage des Gebäudes in einem der genannten Einwirkungsorte betragen die Richtwerte innerhalb der Wohnräume, wenn die Geräusche innerhalb des Gebäudes durch Luft- oder Körperschall übertragen werden:

tags 35 dB nachts 25 dB.

Die Überschreitung der Richtwerte durch den Schalldruckpegel kurzzeitiger Geräuschspitzen sollte bei Geräuscheinwirkung von außen höchstens

tags 30 dB nachts 20 dB

sowie bei Geräuscheinwirkung innerhalb des Gebäudes tags und nachts höchstens 10 dB betragen.

Da die Auffälligkeit von Geräuschen wesentlich zur Störung und Belästigung beiträgt, sollten auffällige Geräusche unabhängig von der Einhaltung der Richtwerte möglichst vermieden werden. Ein Geräusch ist auffällig, wenn es z.B.
– das Hintergrundgeräusch insgesamt oder in einzelnen Frequenzbereichen erheblich überschreitet,
– in Zeiten der Ruhe und Erholung (z.B. nachts, abends, am frühen Morgen oder am Wochenende) auftritt,
– Töne und/oder Impulse enthält,
– in seiner Art in der betroffenen Umgebung fremd oder neu ist.

2.11 Richtwerte für Geräuscheinwirkungen an Arbeitsplätzen (nach VDI 2058 Blatt 3) – *Recommended limit values for the noise exposure at working places* (after VDI 2058 Part 3) (R. Martin †)

Richtwert für den Beurteilungspegel in dB	55	70	85
Merkmale der Tätigkeit (Auswahl)	hohe Konzentration, schöpferisches Denken, Entscheidungen besonderer Tragweite	sich wiederholende geistige Tätigkeit, einfache und überwiegend mechanisierte Tätigkeit	handwerkliche Arbeiten, Arbeiten an Maschinen
Beispiele für Tätigkeiten	Sitzungen, Verhandlungen, Prüfungen, Lehren in Schulen und Hochschulen, wissenschaftliche Arbeiten, technisch-wissenschaftliche Berechnungen, Entwickeln von Programmen, Entwerfen, Übersetzen und Diktieren von schwierigen Texten	Schreibmaschineschreiben, Datenerfassen, Arbeiten mit Tischrechenanlagen, Bedienen von Beobachtungs-, Steuerungs- und Überwachungsanlagen in geschlossenen Meßwarten, schwierige Feinmontagearbeiten	Arbeiten an Bearbeitungsmaschinen für Metall, Holz u. dgl., Arbeiten an Vervielfältigungsanlagen, Textverarbeitungsautomaten, Schnelldruckern, EDV-Lese- und Sortiermaschinen

Die Richtwerte gelten für Gewerbebetriebe als Grenzwerte (Bundesgesetzblatt Teil I (1975), 729–742: Verordnung über Arbeitsstätten)