

Anlage 1: Bildschirmausdrucke VDI-3733 Berechnungsprogramm Version 2.5

Anlage 12

Akustische Auslegung von Rohrleitungssystemen nach VDI 3733, 1996 (Programmversion 2.5) © IBS GmbH, Frankenthal

Firma: Objekt: Datum: 26.08.2013 Name:

Bemerkungen:

Daten zum strömenden Medium

Wahl Massen-/Volumenstrom	v	M / V	Volumenstrom	0	m³/h
Flüssigkeitstemperatur (q)	35	°C	Volumenstrom	0	m³/h
			Flüssigkeitsdruck (p _{abs})	1.00	bar

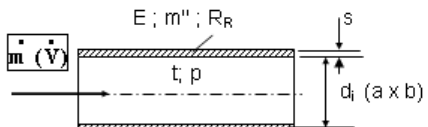
Flüssigkeitsbezeichnung	Flüssigkeit Nr.	Schallgeschwindigkeit	Dichte	spez. Wärme
--	-	c _H	ρ	cp
--	-	m/s	kg/m³	J / kgK
Wasser (Leitungswasser, 0 °C) ▾ C	16	1440	1000	630

Ungelöstes Gas in Flüssigkeit?	n	0
Gasdichte	ρ _{Gas}	0.00
Massenkonzentration des Gases	e	1.0E+02
Adiabatenexponent des Gases	K _{Gas}	1.40

Dichte (ρ_F) = 1000.000 kg/m³ Schallgeschw. (c_F) = 1440.0 m/s Schallgeschw. (c_F) = 1109.7 m/s

Daten zur Rohrleitungsgeometrie

Querschnitt (Kreis / Rechteck)	K	K / R	Wanddicke (s)	5	mm	Massenbelegung (m'')	39	kg/m²
Rohrdurchmesser (d _i)	300	mm	Elastizitätsmodul (E)	1.9E+11	N/m²	Querkontraktion (m)	0.3	-
		mm	Rohrwanddicke (ρ _w)	7800	kg/m³	Innendurchmesser (D _i)	0.300	m
Rohrquerschnitt (S)	0.071	m²	Strömungsgeschwindigkeit (w)	0.0	m/s	Machzahl (Ma)	0.000	-



Kommentare

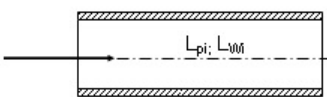
Spalte	3	4
Tabelle 1 (VDI 3733)		
Nr.	Name des Mediums	Schallgeschw. c _H
1	Beispielmedium	
2	Äthylalkohol	1180
3	Äthyläther	1008
4	Azeton	1190
5	Benzin	1166
6	Benzol	1326
7	Erdöl	825
8	Hydrauliköl, Luftfrei	1280
9	Hydrauliköl mit Luftabschluss	1050
10	Seerwasser (32 % Salz, 0 °C)	1481
11	Methylalkohol	1123
12	Quecksilber	1451

Tabellenblatt Flüssigkeit – Seite 1

Anlage 1 (Fortsetzung)

Berechnung der Strömungsgeräusche innerhalb der Rohrleitung

Korrekturmaß K_m bzw. K_d	m	Km (m) / Kd (d)
Messflächenmaß L_{s1}	-11.5	dB
Impedanzkorrekturmaß K_D	34.4	dB
Strömungsgeschwindigkeit (w)	0.00	m/s
Machzahl (Ma)	0.000	-
Innendurchmesser (Di)	0.300	m



Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summe	Hz
$\lambda / di(di)$	58.71	29.59	14.80	7.40	3.70	1.85	0.92	0.46	--	--
Korrekturmaß K_m	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	--	dB
Innerer Schalleistungspegel (unbewertet) L_{wi}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	dB
Innerer Schalleistungspegel (A-bewertet) $L_{wi}(A)$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	dB(A)
Innerer Messflächen-Schalldruckpegel $L_{pi}(A)$	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	58.0	dB(A)

Kommentare

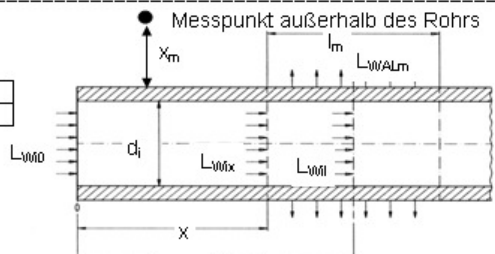
13	Tetrachlorkohlenstoff	938
14	Transformatoröl	1425
15	Wasser (destilliert, 0 °C)	1449
16	Wasser (Leitungswasser, 0 °C)	1440

Luftschallabstrahlung infolge von Fluidschallanregung

Schall abstrahlende Länge l_m	100	m
Abstand x zur Schallquelle	0.00	m
Rohrlänge l	50	m
Rohrkonstante C	10.0	dB
Schallgeschwindigkeit in Rohrwand d	5105.3	m/s
Ringdehnfrequenz f_r	5416.8	Hz

Abstand vom Rohr x_m	1	m
Raumwinkelmaß $K\Omega$	6	dB

Raumwinkel
 Vollraum: $4\pi \Rightarrow 0$ dB
 Halbraum: $2\pi \Rightarrow 3$ dB
 Viertelraum: $\pi \Rightarrow 6$ dB



Berechnung der Rohrdämpfung d Dämpfung / Keine Dämpfung

Tabellenblatt Flüssigkeit – Seite 2 (identisch für Einzel-Gas und Gasmisch)

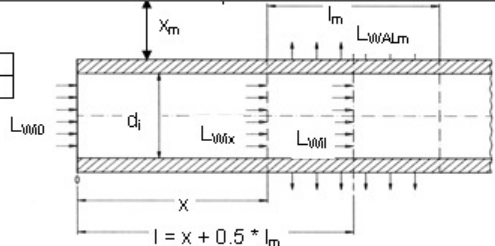
Anlage 1 (Fortsetzung)

Luftschallabstrahlung infolge von Fluidschallanregung

Schall abstrahlende Länge l_m	100	m
Abstand x zur Schallquelle	0.00	m
Rohrlänge l	50	m
Rohrkonstante C	10.0	dB
Schallgeschwindigkeit in Rohrwand c	5105.3	m/s
Ringdehnfrequenz f_r	5416.8	Hz

Abstand vom Rohr x_m	1	m
Raumwinkelmaß $K\Omega$	6	dB

Raumwinkel
 Vollraum: $4\pi \Rightarrow 0$ dB
 Halbraum: $2\pi \Rightarrow 3$ dB
 Viertelraum: $\pi \Rightarrow 6$ dB



$l = x + 0.5 * l_m$

Berechnung der Rohrdämpfung **d** Dämpfung / Keine Dämpfung

Externe Schallquelle in der Rohrleitung (zusätzlich zum Strömungsgeräusch)

Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summe	Hz	
$L_{wio}(A)$ (extern)	130.22	126.54	123.56	122.65	125.05	129.85	135.63	142.75	144.1	dB(A)	
$L_{wi}(A)$, Quelle, ges	Innerer Schalleistungspegel der Quelle									144.1	dB
L_{wio}	156.42	142.64	132.16	125.85	125.05	128.65	134.63	143.85	--	dB	
L_{wi} (extern)	156.35	142.39	131.13	121.72	108.55	62.66	-129.32	-6.43	--	dB	

Akust. Bew.	Messgröße
a	w
dB / dB(A)	L_{wi} / L_{pi}

Schallabstrahlung nach außen

Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summe	Hz
Innerer Schalleistungspegel $L_{wi}(A)$ [Strömung & ext. Quelle]	128.8	124.3	119.7	114.6	103.1	55.1	-12.1	-18.9	130.6	dB(A)
Dämpfungskoeffizient a	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	--	dB/m
Korrekturmaß K_m	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	--	dB
αl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	--	dB
$A(f)$	38.7	32.7	26.7	20.7	14.7	8.7	2.6	5.1	--	dB
Schalldämm-Maß R_a	46.5	40.5	34.5	28.5	22.4	16.4	10.4	12.8	--	dB
$K\alpha$	0.00	0.00	0.04	0.63	7.69	51.17	243.13	131.90	--	dB
$17,37 * (d_i)^{-1} * 10^{-R_a / 10}$	0.07	0.26	1.03	4.12	16.50	65.99	263.95	150.27	--	dB
Zusatzdämpfungen	1.40	2.00	2.80	3.90	5.50	8.80	13.10	18.70		dB
Äußerer Schalleistungspegel $L_{wa}(A)_{lm}$	113.5	115.0	116.5	118.0	119.5	121.1	122.6	124.1	129.1	dB(A)
$L_p(A)_{Okt}$	92.9	94.3	95.8	97.4	98.9	100.4	101.9	103.4	108.4	dB(A)

Innerer Schalleistungspegel, A-bewertet bei Rohrleitungslänge l

L_{wio} berechnen

L_{wi, ges} berechnen

Zusatzdämpfungen berechnen


L_{wi}-Berechnung beenden

Äußerer Schalleistungspegel, A-bewertet aus L_{wi} berechnet
 1,0-m- $L_p(A)$ (Freifeld) aus innerem L_{wa}

Berechnung von Eigenfrequenzen und Eigenschwingungen

Geometrie der auf Blatt 1 definierten Rohrleitung

Rohrdurchmesser (d_i)	300	mm
anderer Durchmesser d_i ?	j	ja / nein



Tabellenblatt Flüssigkeit – Seite 3 (identisch für Einzel-Gas und Gasgemisch)

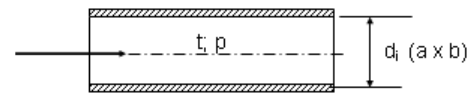
Anlage 1 (Fortsetzung)

Schalldämm-Maß R_w	46.5	40.5	34.5	28.5	22.4	16.4	10.4	12.8	--	dB	Zusatzdämpfungen berechnen
$K\alpha$	0.00	0.00	0.04	0.63	7.69	51.17	243.13	131.90	--	dB	
$17,37 \cdot d \cdot 10^{-R_w/10}$	0.07	0.26	1.03	4.12	16.50	65.99	263.95	150.27	--	dB	Lwi-Berechnung beenden
Zusatzdämpfungen	1.40	2.00	2.80	3.90	5.50	8.80	13.10	18.70		dB	
Äußerer Schalleistungspegel $L_{wa(A),lm}$	113.5	115.0	116.5	118.0	119.5	121.1	122.6	124.1	129.1	dB(A)	Äußerer Schalleistungspegel, L_{wa} bewertet aus L_{wi} berechnet 1.0-m- L_pA (Freifeld) aus innerem L_{wA}
$L_p(A),Okt$	92.9	94.3	95.8	97.4	98.9	100.4	101.9	103.4	108.4	dB(A)	

Berechnung von Eigenfrequenzen und Eigenschwingungen

Geometrie der auf Blatt 1 definierten Rohrleitung

Rohrdurchmesser (di)	300	mm
anderer Durchmesser di ?	j	ja / nein
di, gewählt	1	m
	2	
di, gewählt	1.00	m
Rohrstücklänge l	1.000	m



Eigenfrequenzen: (Quermoden)

Moden n_i	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	-
fGn / Kreis	650	1077	1353	1484	1883	2370	Hz

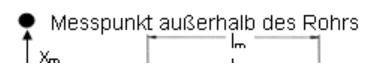
Eigenschwingungen von Fluidsäulen: (Längsmoden)

	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	-	l' in m
Beidseitig offen :	308	616	925	1233	1541	1849	Hz	1.80
Einseitig offen :	198	594	991	1387	1783	2180	Hz	1.40
Beidseitig geschlossen:	555	1110	1665	2219	2774	3329	Hz	1.00

Kommentare

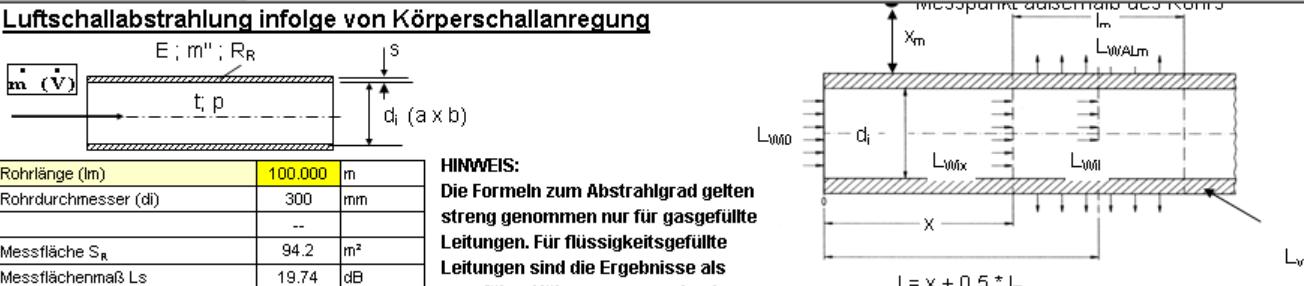
Luftschallabstrahlung infolge von Körperschallanregung

Tabellenblatt Flüssigkeit – Seite 4 (identisch für Einzel-Gas und Gasgemisch)



Anlage 1 (Fortsetzung)

Luftschallabstrahlung infolge von Körperschallanregung



HINWEIS:
Die Formeln zum Abstrahlgrad gelten streng genommen nur für gasgefüllte Leitungen. Für flüssigkeitsgefüllte Leitungen sind die Ergebnisse als ungefähre Näherung anzusehen!

Rohrlänge (l _m)	100.000	m
Rohrdurchmesser (d _i)	300	mm
Messfläche S _R	94.2	m ²
Messflächenmaß L _s	19.74	dB

Körperschallpegel auf der Rohrleitung

Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summe	Hz
L _v (A) re v0	120	120	120	120	120	120	120	120	129.0	dB
Bezugsschnelle (v0)	5E-08	m/s								
s : Zylindr. Rohr / Platte / Messung	P	Z / P / M	Plattenabmessungen		l1 [m]=	0.3	l2 [m]=	0.4		
	20	20	20	20	20	20	20	20	--	

Akust. Bew.	Messgröße
a	s
dB / dB(A)	Beschl.
	Schnelle

Berechnung des abgestrahlten Körperschall-Leistungspegels

L _v (A) re v0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	129.0	dB(A)
Abstrahlmaß / Platte	-26.2	-24.7	-23.2	-21.7	-20.2	-18.7	-17.2	-15.7	--	dB
L_{wa}(A), l_m	113.5	115.0	116.5	118.0	119.5	121.1	122.6	124.1	129.1	dB(A)

Äußerer Schalleistungspegel A-bewertet aus L_v

Schalldruckpegel im Abstand x_m = 1 m vom Rohr, außen

Abstand vom Rohr x _m	1	m	Raumwinkelmaß		KVW	3	dB			
L _p (A) _{Okt}	89.85	91.34	92.85	94.35	95.86	97.36	98.87	100.37	105.43	dB(A)

1.0 -m-LpA unter Freifeldbedingungen aus Körperschallmessung

Raumwinkel	
Vollraum: 4π => 0 dB	
Halbraum: 2π => 3 dB	
Viertelraum: π => 6 dB	

Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summe
A-Bewertung	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0	1.2	1	-1.1	--

Tabellenblatt Flüssigkeit – Seite 5 (identisch für Einzel-Gas und Gasgemisch)

Anlage 1 (Fortsetzung)

Anlage 12

Akustische Auslegung von Rohrleitungssystemen nach VDI 3733, 1996 (Programmversion 2.5) © IBS GmbH, Frankenthal

Firma:
 Objekt: Datum: 26.08.2013 Name:
 Bemerkungen:

Daten zum strömenden Medium

Wahl Massen-/Volumenstrom	v	M / V	Volumenstrom	0	m³/h	Realgasfaktor (Z)	1.049	-
Gastemperatur (t)	20	°C	Volumenstrom	0	m³/h	Gasdruck (pabs)	1	bar

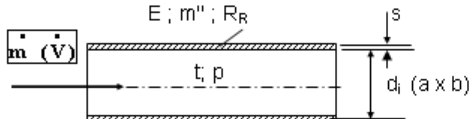
Gasbezeichnung	Gas Nr.	Massenanteil	spez. Gaskonst.	Adiabatene exponent	spez. Wärme	Wärmeleitfähigk.	Zähigkeit
--	-	y	N	κ	cp	λ	η*10 ⁶
--	-	%	J / kgK	-	J / kgK	J / msK	kg / ms
Dateneingabe in Tabelle rechts =	1	100	287	1.4	1010	0.026	17.8

Luft	--	100	287.0	1.4	1010.0	0.026	17.80
------	----	-----	-------	-----	--------	-------	-------

Dichte (ρF) = 1.247 kg/m³ Schallgeschw. (cF) = 343.1 m/s Schallgeschw. (cF) = 343.1 m/s

Daten zur Rohrleitungsgeometrie

Querschnitt (Kreis / Rechteck)	K	K / R	Wanddicke (s)	2.5	mm	Massenbelegung (m'')	19.5	kg/m²
Rohrdurchmesser (di)	200	mm	Elastizitätsmodul (E)	1.85E+11	N/m²	Querkontraktion (m)	0.3	-
	2000	mm	Rohrwanddicke (δR)	7800	kg/m³	Innendurchmesser (Di)	0.200	m
Rohrquerschnitt (S)	0.031	m²	Strömungsgeschwindigkeit (w)	0.00	m/s	Machzahl (Ma)	0.000	-



Kommentare

Spalte	3	4	5
Tabelle 1 (VDI 3733)		spez. Gaskonst.	Adiabatene
Nr.	Name des Mediums	N	κ
1	Luft	287	1.4
2	Ammoniak	488	1.29
3	Äthylen	297	1.28
4	Azetylen	320	1.25
5	Chlor	117	1.37
6	Erdgas (Niederlande)	442	1.32
7	Erdgas (Russland)	462	1.3
8	Gichtgas	300	1.39
9	Helium	2080	1.64
10	Kohlendioxid	189	1.31
11	Kohlenoxid	297	1.39
12	Luft	287.2	1.41

Tabellenblatt Einzel-Gas – Seite 1



Anlage 1 (Fortsetzung)

Anlage 12

Akustische Auslegung von Rohrleitungssystemen nach VDI 3733, 1996 (Programmversion 2.5) © IBS GmbH, Frankenthal **Anlage 12**

Firma:
 Objekt: Datum: Name:
 Bemerkungen:

Berechnung von Zusatzdämpfungen für Gas-Ge

Dateneingabe für Berechnung einzelner Elemente

VDI3733-Daten oder Eingabe ? v / e cF Schallflächen sichtbar

Erweiterung E1 $S1 < S2$

Querschnitt (Kreis/Rechteck) K / R
 Rohrlinndurchmesser = mm

Rohrquerschnitt S
 S1 m² S2 m²
 Querschnittsverhältnis r
 r <1 fG Hz

Verengung V1 $S1 > S2$

Querschnitt (Kreis/Rechteck) K / R
 Rohrlinndurchmesser = mm

Rohrquerschnitt S
 S1 m² S2 m²
 Querschnittsverhältnis r
 r >1

90° Umlenkung U1 Anzahl

Querschnitt (Kreis/Rechteck) K / R
 Rohrlinndurchmesser =

Verzweigung W1 Anzahl

Querschnitt (Kreis/Rechteck) K / R

Verzweigung W2 Anzahl

Querschnitt (Kreis/Rechteck) K / R

Durchmesser (d) in mm eingeben

d	<input type="text"/>	d1	<input type="text"/>	0.000	m ²
		d2	<input type="text"/>	0.000	m ²
		d3	<input type="text"/>	0.000	m ²
		d4	<input type="text"/>	0.000	m ²
S	0.000	Summe Querschnitt		0.000	m ²

d	<input type="text"/>	d1	<input type="text"/>	0.000	m ²
b	<input type="text"/>	d2	<input type="text"/>	0.000	m ²
		d3	<input type="text"/>	0.000	m ²
S	0.000	d4	<input type="text"/>	0.000	m ²

b1	<input type="text"/>
b2	<input type="text"/>
b3	<input type="text"/>
b4	<input type="text"/>

Zusatzdämpfungen – Seite 1 (Einzelemente)



Anlage 1 (Fortsetzung)

		Summe Querschnitt	0.000 m ²									
Berechnung von Zusatzdämpfungen für Gas-Gemisch (m)												
Dateneingabe für Verkettung mehrerer Elemente												
Querschnittsform	R	K / R	cFluid 388.525 m/s									
Seitenlängen (a, b)	200 mm	200 mm										
Wahl des 1. Elements	e	Erweiterung (e), Verengung (v), 90°-Umlenkung (u) oder Verzweigung (w)										
Seitenl. (a, b) n. Erw.	200 mm	300 mm	Querschnittsverhältn. 0.667 fG 971.300									
Seitenlängen (a, b)	200 mm	300 mm										
Wahl des 2. Elements	u	Erweiterung (e), Verengung (v), 90°-Umlenkung (u) oder Verzweigung (w)										
Seitenl. (a, b) n. Umlenkung	200 mm	300 mm	Querschnittsverhältn. 1.000 fG 971.300									
Seitenlängen (a, b)	200 mm	300 mm										
Wahl des 3. Elements	0	Erweiterung (e), Verengung (v), 90°-Umlenkung (u) oder Verzweigung (w)										
Seitenlängen (a, b)	0 mm	0 mm										
Wahl des 4. Elements	0	Erweiterung (e), Verengung (v), 90°-Umlenkung (u) oder Verzweigung (w)										
Seitenlängen (a, b)	0 mm	0 mm										
Wahl des 5. Elements	0	Erweiterung (e), Verengung (v), 90°-Umlenkung (u) oder Verzweigung (w)										
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">63</td> <td style="padding: 2px;">125</td> <td style="padding: 2px;">250</td> <td style="padding: 2px;">500</td> <td style="padding: 2px;">1000</td> <td style="padding: 2px;">2000</td> <td style="padding: 2px;">4000</td> <td style="padding: 2px;">8000</td> <td style="padding: 2px;">Anmerkung</td> </tr> </table>				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Anmerkung
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Anmerkung				

Zusatzdämpfungen – Seite 2 (Verkettung von Elementen)

Anlage 1 (Fortsetzung)

Anlage 12

Akustische Auslegung von Rohrleitungssystemen nach VDI 3733, 1996 (Programmversion 2.5)

© IBS GmbH, Frankenthal **Anlage 12**

Firma:
Objekt: Datum: **26.08.2013** Name:
Bemerkungen:

Kamindämpfung für Einzel-Gas (g) mit Richtwirkung DI nach VDI 2714 in Verbindung mit >Schallabstrahlung von Schornsteinen< *

VDI3733-Daten oder Eingabe des Schalleistungspegels?	v	v / e
Einzel-Gas (g), Gas-Gemisch (m)	g	g / m
mittlerer Kamin-Innendurchmesser	d_m	5 m
Kamin-Länge	l	165 m
Kaminart: gemauert (g), Stahlrohr (st)	g	g / st
Eingabe für c_D !	c_D 5100 m/s	=> $f_R =$ 325 Hz
Verschmutzungsgrad: stark (st), mäßig (m), kaum (k)	st	st / m / k

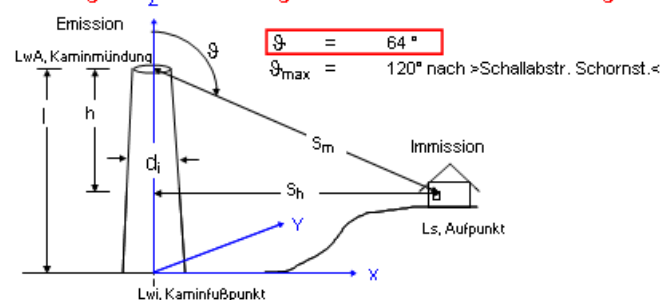
Auswahl: Kamin gemauert, stark verschmutzt

Ausbreitungsdaten

x-, y-, z-Koordinaten (k) oder Eingabe (e)	e	k / e
Sh (h) oder Sm (m) eingeben ?	m	h / m
Kaminhöhe h	100	m
direkter Abstand Sm	900	m
Abstand Sh	894.4	m
direkter Abstand Sm	900.0	m

Berechnungsart: rein VDI 2714 (v) oder erg. d. >Schallabstrahlung von Schornsteinen< * (s) ?	v	v / s
Daten zum Fluid im Kamin:	416	cFluid 343.1 m/s
T Fluid	150 °C	uFluid 15.0 m/s
Daten zur umgebenden Luft:	76 °C	Temperatur variabel
Luftfeuchte	70 %	50...70
MITWIND-Geschw.	6.5 m/s	MITWIND an Kaminmündung

Richtwirkungs- Berechnung nur bis ca. 5 m/s durch Messdaten gestützt!



Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summe	Hz
Lwi, Kaminfußpunkt (g)	84.7	85.6	92.9	94.6	90.0	88.4	60.4	-19.8	98.6	dB(A)
ΔL , Kamin (VDI 3733)	12.5	8.7	12.7	23.7	38.8	40.0	40.0	40.0	15.9	dB(A)
Lwa, Kaminmündung (g)	72.2	76.9	80.2	71.0	51.1	48.4	20.4	-59.8	82.6	dB(A)
DI > Abstr. Schornst.<	3.6	3.9	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	--	dB
Ds (VDI 2714)	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	--	dB
DL, VDI 2714 [20°C / 70%]	0.0	0.9	1.8	2.7	4.5	8.1	16.2	32.4	--	dB
DBM (VDI 2714)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	dB
K0 (VDI 2714)	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	dB
Zusatzdämpfung									--	dB
D, ges.	70.5	71.4	72.3	73.2	75.0	78.6	86.7	102.9	64.6	dB(A)
Ls	8.3	12.3	15.6	5.7	-15.9	-22.3	-58.4	-154.8	18.1	dB(A)

Ls **18** dB(A) in 900 m Entfernung von der Kaminmündung

Akust. Bewertung	b
dB / dB(A)	

Berechnung Ausbreitungsdämpfung:	v	VDI 2714 / ISO 9613
----------------------------------	---	---------------------

* Untersuchungsbericht "Schallabstrahlung von Schornsteinen" - Messung und technische Möglichkeiten zu ihrer Minderung, hrsg. als Forschungsbericht Nr. 105 03 301 vom Umweltbundesamt

Tabellenblatt Kamin