

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREGeräuscherzeugung und Lärmminderung
in Raumluftechnischen Anlagen
BeispieleNoise generation and noise reduction
in air-conditioning systems
Examples

VDI 2081

Blatt 2 / Part 2

Ausz. deutsch/englisch
Issue German/English*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.**No guarantee can be given with respect to the English translation. The German version of this guideline shall be taken as authoritative.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
1 Allgemeines	2	1 General	2
1.1 Spektrumsbewertung	3	1.1 Spectral weighting	3
1.2 Telefonie	4	1.2 Cross-talk	4
1.3 Tabellenkalkulation	5	1.3 Spreadsheet	5
2 Anwendungsbeispiel zur VDI 2081 Blatt 1 . . .	5	2 Application example for VDI 2081 Part 1 . . .	5
2.1 Berechnung der Zuluftseite einer Raumluftechnischen Anlage	5	2.1 Calculation of the supply side of an air-conditioning system	5
2.2 Neuberechnungen ab Element Nr. 11 . . .	17	2.2 Recalculations from element no. 11 onwards	34
2.3 Alternativer Rohrschalldämpfer mit Kern .	20	2.3 Alternative cylindrical attenuator with core	37
2.4 Rohrschalldämpfer ohne Kern	23	2.4 Cylindrical attenuator without core	40
2.5 Schallabstrahlung	25	2.5 (Sound radiation) Break out noise	42
2.6 Schallübertragung über Luftleitungen . .	27	2.6 Sound transmission via air ducts	44
Anhang A Zum Thema Genauigkeit	46	Annex A Accuracy	46
Anhang B Zulässige Messunsicherheit für den Schalldruckpegel im Raum	47	Annex B Allowable measurement uncertainty for the sound pressure level in the room	47
Schrifttum	48	Bibliography	48

VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (VDI-TGA)

VDI-Handbuch Technische Gebäudeausrüstung, Band 2: Raumluftechnik
VDI-Handbuch Umwelttechnik

This is a preview. Click here to purchase the full publication.

Vorbemerkung

Die in Raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) auftretenden Geräuschmechanismen sind vielschichtig. Sie beinhalten die Geräuschursache der Komponenten, im Leitungsnetz die Schallentstehung im strömenden Medium, die Übertragung des Fluid- und Körperschalls und die Luftschallübertragung. Minderungsmaßnahmen sind gefordert im Rahmen des Schallschutzes am Arbeitsplatz und des Immissions-schutzes in der Nachbarschaft.

Das Anlagensystem selbst trägt immer zur Geräuschminderung bei, die in der Regel durch Sekundärmaßnahmen (Schalldämpfer oder schalldämmende Ummantelung) verbessert werden muss. Die Schallminderung im Raum bzw. seine akustische Eigenschaft, wird durch die Bauweise des Raumes in Verbindung mit der ausgeführten RLT-Anlage bestimmt.

Auf Grund der hohen Anzahl von Anfragen zur Richtlinie VDI 2081 Blatt 1 und der Komplexität dieses Themas, hat der VDI ein zweites Richtlinienblatt zur „Geräuscherzeugung und Lärminderung in RLT-Anlagen“ mit einem ausführlichen Anwendungsbeispiel erarbeitet. Für ein Zuluftkanalnetz sind sämtliche Berechnungsgänge übersichtlich in tabellarischer Form inklusive ausführlicher Erläuterungen zu jedem Kanalstück aufgeführt. Hierdurch soll die Handhabung der VDI 2081 Blatt 1 erleichtert werden.

Diese Richtlinie ist nur in Verbindung mit der Richtlinie VDI 2081 Blatt 1 gültig.

Allen ehrenamtlichen Mitarbeitern an dieser VDI-Richtlinie sei auf diesem Wege gedankt.

Alle Rechte vorbehalten, auch das des Nachdrucks, der Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, auszugsweise oder vollständig. Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie als konkrete Arbeitsunterlage ist unter Wahrung des Urheberrechtes z.B. durch Kopieren auf speziellem Kopierpapier des VDI möglich. Auskünfte dazu, auch z.B. zur Nutzung im Wege der Datenverarbeitung, erteilt die Abteilung VDI-Richtlinien im VDI.

1 Allgemeines

In einem Bürogebäude sind einige Räume mit hohen akustischen Anforderungen geplant. Die Forderung $L_{pA} = 30$ dB gilt je Raum für alle Gewerke zusammen, das heißt für die Summe aller akustischen Beiträge durch Strömungsgeräusche und Kanalabstrahlung – durch Zuluft und Abluft. Die Forderung je Gewerk wird hier auf $L_{pA} = 25$ dB festgelegt. Weitere (z.B. haustechnische) Gewerke werden in dieser Berechnung nicht berücksichtigt.

Preliminary note

The noise mechanisms that occur in air-conditioning systems (AC systems) are multi-layered. They contain the causes of noises in components, the sound produced by the medium flowing in the duct system as well as the transfer of sound in fluids, structures and air. Reduction measures are required as part of noise protection at the workplace and environmental protection in the surrounding area.

The system itself always contributes to noise reduction which must generally be improved through secondary measures (silencers or noise insulating cover). The sound reduction in the room or its acoustic properties are determined by the construction of the room in connection with the air-conditioning system that has been implemented.

Due to the high volume of queries received regarding guideline VDI 2081 Part 1 and the complexity of this topic, the VDI has drawn up a second guideline regarding "Noise generation and noise reduction in air-conditioning systems" with a detailed application example. An overview of all the calculation processes for an supply air duct system is listed including a detailed explanation of each duct element. This should simplify the use of VDI 2081 Part 1.

This guideline is only valid in connection with VDI 2081 Part 1.

We would like to take this opportunity to thank all honorary contributors to this guideline.

All rights reserved, including reprinting, reproduction (photocopy, microfiche), storage on data processing equipment and translation, either in parts or in full. The use of this VDI guideline as an actual working document is possible while safeguarding the copyright, e.g. by copying it onto special VDI photocopy paper. Information on copying and on the processing of VDI guidelines in electronic form can be obtained from the department for VDI guidelines.

1 General

Several rooms with high acoustical requirements are planned in an office building. The requirement $L_{pA} = 30$ dB applies to each room for all systems i.e. the total of all the acoustic contributions produced through flow noise and duct radiation by both supply air and extracted air. The requirement per function is defined here as $L_{pA} = 25$ dB. Further functions (e.g. building services) are not taken into account in this calculation.

Die Berechnungen werden für das Zuluftsystem durchgeführt: Strömungsgeräusche (Tabelle 1 bis Tabelle 4), Schallabstrahlung (Tabelle 5) und Telefonie (Tabelle 6).

1.1 Spektrumsbewertung

Bei der Vorgabe einer Spektrumsbewertungskurve (siehe VDI 2081 Blatt 1, Abschnitt 2.7.2) werden die aus der akustischen Berechnung resultierenden Oktavwerte mit den zulässigen Werten verglichen. Bei Vorgabe eines zulässigen A-Schalldruckpegels wird der maximale A-bewertete Oktavpegel entsprechend

$$L_{\text{Okt max}} = L_A + K_A \quad (1)$$

bestimmt.

Korrekturwerte K_A :

Frequenz in Hz	Korrekturwert K_A in dB
63	21
125	11
250	4
500	-2
1000	-5
2000	-6
4000	-6
8000	-4

Diese Korrekturwerte beinhalten die Werte aus der inversen A-Bewertungskurve (siehe VDI 2081 Blatt 1, Bild 1) und die Addition der Oktavbänder, wobei als Pegelzuwachs für acht Oktavbänder ein Wert von nur 5 dB zu Grunde gelegt ist, da der Frequenzverlauf der in Raumluftechnischen Anlagen vorkommenden Geräusche im Allgemeinen nicht dem Verlauf dieser inversen A-Kurve identisch folgt.

In den nachfolgenden akustischen Berechnungen wird diese Korrektur in zwei Stufen durchgeführt. Zu den Oktavwerten des resultierenden Schalldruckpegels wird die A-Bewertung addiert. Das hat den Vorteil, dass je Spektrum die für die gesamte A-Bewertung meist beitragenden Oktaven sofort ersichtlich werden. Die als Vergleich einzusetzenden A-Oktavwerte des geforderten Raumpegelwertes, in diesen Berechnungen 25 dB je Gewerk, werden bestimmt entsprechend

$$L_{\text{Okt max}} = (25 - 5) \text{ dB} = 20 \text{ dB}$$

Diese Annahme (von 5 dB) ist nach Abschluss der Berechnung durch energetische Addition der effektiv verbleibenden bewerteten Oktavpegel und Vergleich mit dem zulässigen Wert zu überprüfen.

The calculations are carried out for the supply air system: flow noises (Tables 1 to Table 4), sound radiation (Table 5) and cross talk (Table 6).

1.1 Spectral assessment

When stipulating a spectral weighting curve (see VDI 2081 Part 1, Section 2.7.2), the octave values resulting from the acoustical calculation are compared with the max. allowed values. When specifying a permitted "A" sound pressure level, the maximum "A" assessed octave level is determined accordingly

$$L_{\text{Okt max}} = L_A + K_A \quad (1)$$

Correction values K_A :

Frequency in Hz	Correction value K_A in dB
63	21
125	11
250	4
500	-2
1000	-5
2000	-6
4000	-6
8000	-4

These correction values contain the values from the inverse "A" weighting curve (see VDI 2081 Part 1, Figure 1) and the addition of the octave bands, whereby a value of only 5 dB is taken as the basis for the level increase of eight octave bands, since the frequency characteristic of the noises that occur in air-conditioning systems generally does not follow the characteristic of this inverse "A" curve identically.

This correction is carried out in two steps for the following acoustic calculations. The "A" weighting is added to the octave values of the resulting sound pressure level. The benefit is that the octaves that contribute the most per spectrum to the total "A" weighting become immediately apparent. The "A" octave values of the required room level (25 dB per function in these calculations) that are used for comparison are determined accordingly:

$$L_{\text{Okt max}} = (25 - 5) \text{ dB} = 20 \text{ dB}$$

Once the calculations have been concluded, this assumption (of 5 dB) must be checked by adding the remaining weighting octave levels and comparing them with the allowed value.

1.2 Telefonie

Eine weitere (oft übersehene) Forderung ist eine hinreichende Telefoniedämpfung zwischen zwei benachbarten Räumen. Die Schallübertragung (Gespräche) über die Luftleitungen ist so zu bedämpfen, dass dadurch die Schalldämmung über die Trennwand nicht verringert wird. Zur Einhaltung dieser Forderung, die sich aus der DIN 4109 ergibt, muss die Schalldruckpegeldifferenz $L_1 - L_3$ über die Luftleitungen in den Oktaven (125...2000) Hz jeweils mindestens 10 dB höher sein als die über die Wand. Damit ergibt sich für die Telefoniedämpfung, die nach VDI 2081 Blatt 1, Gleichung (61) berechnet wird, die folgende Bedingung:

$$L_1 - L_3 \geq R' - 10 \log (S/A_3) + 10 \text{ dB} \quad (2)$$

S Trennwandfläche

R' Oktav-Schalldämm-Maß der Trennwand

A_3 Äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraumes

Liegt für die Trennwand nur das bewertete Schalldämm-Maß R'_w vor, können die Oktav-Schalldämm-Maße näherungsweise mit Hilfe der Bezugskurve aus DIN EN ISO 140 bestimmt werden:

$$R' (125) = R'_w - 16 \text{ dB}$$

$$R' (250) = R'_w - 7 \text{ dB}$$

$$R' (500) = R'_w$$

$$R' (1000) = R'_w + 3 \text{ dB}$$

$$R' (2000) = R'_w + 4 \text{ dB}$$

In der nachfolgenden Telefonieberechnung wird die Differenz beider Schalldämmungsspektren (Wand und Luftleitung) bestimmt. Bei Angabe der Einfügungsdämpfung eines erforderlichen zusätzlichen Telefonieschalldämpfers werden je Oktave 10 dB addiert.

Die Berechnung einfacher Systeme verläuft grundsätzlich nach VDI 2081 Blatt 1, Gleichung (61). Diese Gleichung kann auch umgeschrieben werden nach:

$$\begin{aligned} \Delta L_p = L_1 - L_3 = & -\{ 10 \log (S_1) + \\ & 10 \log [S_2/(S_0 + S_2)] + 10 \log [S_3/(S_3 + S_4)] \\ & - 10 \log (A_3/4) \} + L_w \end{aligned} \quad (3)$$

Hieraus wird ersichtlich wie die Addition der Pegelsenkungen (oder Pegelerhöhungen) der einzelnen Systemkomponenten verläuft.

1.2 Cross talk

A further (often overlooked) requirement is adequate cross talk damping between two adjacent rooms. The sound transmission (conversations) via the air ducts must be absorbed so that the sound dampening is not reduced via the partition wall. To comply with this requirement which is stipulated in DIN 4109, the differential in the sound pressure level $L_1 - L_3$ via the air ducts in the octaves (125...2000) Hz must be at least 10 dB higher than the differential via the wall. This results in the following condition for cross talk damping which is calculated according to VDI 2081 Part 1, Equation (61):

$$L_1 - L_3 \geq R' - 10 \log (S/A_3) + 10 \text{ dB} \quad (2)$$

S Surface of partition wall

R' Octave sound reduction index of the partition wall

A_3 Equivalent absorption surface of the receiving room

If only the weighted sound reduction index R'_w is available for the partition wall, the octave sound reduction indexes can roughly be determined with the help of the reference curve from DIN EN ISO 140:

$$R' (125) = R'_w - 16 \text{ dB}$$

$$R' (250) = R'_w - 7 \text{ dB}$$

$$R' (500) = R'_w$$

$$R' (1000) = R'_w + 3 \text{ dB}$$

$$R' (2000) = R'_w + 4 \text{ dB}$$

The difference between both sound insulation spectrums (wall and air duct) is specified in the subsequent cross talk calculation. When indicating the insertion loss of an additional cross talk silencer, 10 dB is added per octave.

The calculation of simple systems proceeds in principle in accordance with VDI 2081 Part 1, Equation (61). This equation can also be rewritten as follows:

$$\begin{aligned} \Delta L_p = L_1 - L_3 = & -\{ 10 \log (S_1) + \\ & 10 \log [S_2/(S_0 + S_2)] + 10 \log [S_3/(S_3 + S_4)] \\ & - 10 \log (A_3/4) \} + L_w \end{aligned} \quad (3)$$

It thus becomes apparent how the addition of the level reductions (or level increases) of the individual system components takes place.

1.3 Tabellenkalkulation

In den tabellarischen Berechnungen sind die resultierenden Ergebnisse auf ganze dB gerundet. Die akustischen Werte der Hersteller von Komponenten (Ventilatoren, Schalldämpfer, Durchlässe usw.) sind meistens auch in ganzen dB angegeben. Diese Spektren werden deshalb auch in den Rechentabellen ohne Dezimalstelle aufgeführt. Die anderen Werte sind mit einer Dezimalstelle angegeben. In der tabellarischen Berechnung wird jedoch mit mehreren Dezimalstellen gerechnet. Durch die sich daraus ergebenden Auf- und Abrundungsvorgänge können hin und wieder kleine Differenzen ($< 0,1$ dB) in den Berechnungen entstehen.

2 Anwendungsbeispiel zur VDI 2081 Blatt 1

2.1 Berechnung der Zuluftseite einer Raumlufttechnischen Anlage

Erläuterungen zu Bild 1 bis Bild 3

Zuluftventilator (1)

Für die in Bild 1 bis Bild 3 schematisch dargestellte RLT-Anlage soll ein zweiseitig saugender Zuluftventilator ausgewählt werden.

Für den verlangten Volumenstrom

$$\dot{V} = 16\,000 \text{ m}^3/\text{h} = 4,44 \text{ m}^3/\text{s}$$

ergibt die Ermittlung des Gesamtdruckverlustes auf der Zuluftseite einen Wert von 600 Pa, der der vom Ventilator aufzubringenden Totaldruckerhöhung Δp_t entspricht.

Mit den Förderdaten $\dot{V}$ und Δp_t lassen sich für eine Luftdichte $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ mit dem Nomogramm in Bild 4 (VDI 2081 Blatt 1, Bild 6) über die gewählte Drehzahl $n = 1250 \text{ min}^{-1}$ der Ventilartyp und der Laufradaußendurchmesser D_2 festlegen. Da das Nomogramm für einseitig saugende Lüftungsventilatoren gilt, muss für die Auswahl des gewünschten zweiseitig saugenden Typs vorher der Volumenstrom halbiert werden.

Die Auswertung ergibt gemäß den eingetragenen Linienzügen 1 bis 7 in Bild 4 (Beispiel) einen Radialventilator RR mit einer Laufzahl $\sigma = 0,61$ und einem Laufradaußendurchmesser $D_2 = 0,600 \text{ m}$.

Anmerkung: Bild 4 zeigt alternativ, dass mit einer gewählten Drehzahl von $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ die Auswertung einen Trommelläufer mit vorwärtsgekrümmten Schaufeln „T“ mit einer Laufzahl $\sigma = 0,5$ und einen Laufradaußendurchmesser $D_2 = 0,400 \text{ m}$ ergibt.

Die Abschätzung des druckseitigen Gesamtschallleistungspegels und des Oktavspektrums wird zweckmäßigerweise tabellarisch gemacht. In Tabelle 1 Nr. 1 sind die Ergebnisse aufgeführt.

Über die Netztafel VDI 2081 Blatt 1, Bild 7 bzw. die dort aufgeführte Gleichung und den entsprechenden

1.3 Spreadsheet

The results obtained in the spreadsheets are rounded up or down to the nearest dB. The acoustical values of the manufacturers of components (fans, silencers, diffusers etc.) are also given in whole decibels in most cases. These spectrums are therefore also listed in the arithmetic tables without a decimal point. The other values are given with one decimal point. Several decimal points are however used in the tabular calculation. Small differences (< 0.1 dB) in the calculations can arise now and again due to the rounding up and rounding down processes.

2 Application example for VDI 2081 Part 1

2.1 Calculation of the supply air side of an air-conditioning system

Explanations for Figure 1 to Figure 3

Supply air fan (1)

A supply air fan with two-way suction should be selected for the AC system represented in Figure 1 to Figure 3.

For the required volumetric flow

$$\dot{V} = 16\,000 \text{ m}^3/\text{h} = 4,44 \text{ m}^3/\text{s},$$

the determination of the total pressure loss on the supply air side produces a value of 600 Pa which corresponds to the total pressure increase Δp_t which should be applied by the fan.

Using the nomograph in Figure 4 (VDI 2081 Part 1, Figure 6), the fan type and the external impeller diameter D_2 can be defined with the delivery data $\dot{V}$ and Δp_t for an air density $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ and at the selected speed of $n = 1250 \text{ rpm}$. As the nomograph applies to fans with one-way suction, the volumetric flow must be halved prior to selecting the required two-way suction type.

In accordance with the polylines 1 to 7 entered in Figure 4 (example), the assessment produces a radial-flow fan RR with a specific speed $\sigma = 0.61$ and an external impeller diameter $D_2 = 0.600 \text{ m}$.

Note: Figure 4 shows alternatively that with a selected speed of $n = 1000 \text{ rpm}$, the assessment produces a cylindrical rotor with forward curved fan blades “T”, a specific speed $\sigma = 0.5$ and an external impeller diameter $D_2 = 0.400 \text{ m}$.

The estimation of the total sound power on the pressure side and the octave spectrum is carried out in tabular form. The results are listed in Table 1, No. 1.

Via the chart in VDI 2081 Part 1, Figure 7 or using the equation listed there and the corresponding spe-