



TROX® TECHNIK

The art of handling air

for indoor life quality

Der Schall in raumluftechnischen Anlagen

- Vorstellung TROX
 - Akustische Grundlagen
 - Die VDI2081-2019 T1/T2 – Neuerungen und Berechnungsbeispiele
 - Der Abströmschalldämpfer
-

Erfolgreich wachsend seit mehr als 65 Jahren

1951
Gründung des Unternehmens



1998
Übernahme der HESCO Schweiz AG



2009
Bau des Internationalen Brandschutzcenters



2015
Tod von Heinz Trox, die Heinz-Trox-Stiftung wird Mehrheitsgesellschafterin



2017
Übernahme der Mehrheitsanteile der HGI Service + Systems (heute TROX HGI)



2020
Aufnahme Produktion in Marokko
Aufnahme der Produktion TROX TIBA in Ägypten

1962/63
Gründung der ersten Tochtergesellschaften



1991
Gründung der Heinz Trox-Stiftung



2005
Übernahme der Auranor Norge AS



2012
Übernahme der Siemens/X-FANS Gebäudeventilatoren



2015
Übernahme der BSH Vertriebsgruppe, Wien und Osteuropa

2019
Übernahme KS Filter Tschechien
Aufnahme Produktion in Mexiko



Wir sind immer wieder Pionier



Unser Produkt- portfolio



Luftdurchlässe



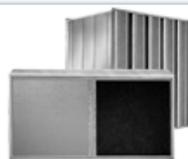
Luft-Wasser-Systeme



Dezentrale Lüftung



Jalousieklappen
Wetterschutzgitter



Schalldämpfer



Brand- und
Rauchschutzsysteme



Regelgeräte



Regelsysteme



Filtergeräte
Filterelemente

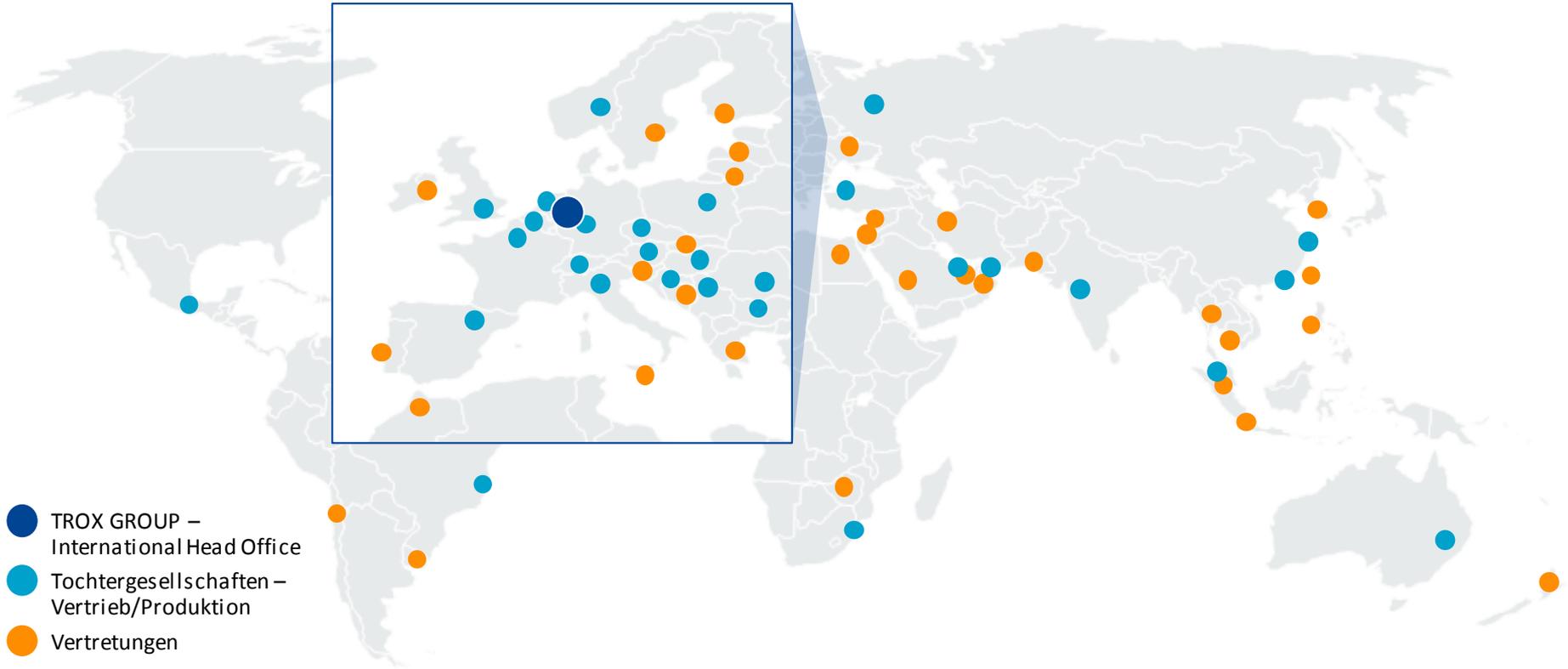


Raumlufttechnische
Geräte



X-FANS

Wir werden immer internationaler



TROX GROUP auf einen Blick

> **530** Mio. €



Umsatz in 2019

~**4.000**



Mitarbeiter weltweit

31



Tochtergesellschaften
in 31 Ländern

18



Produktionsstätten in
14 Ländern

> **70**



Länderververtretungen weltweit

Stark



in Forschung und Entwicklung bis hin
zu individuellen Kundenlösungen

Mit neuen Ideen in die Zukunft

TROX Forschung und Entwicklung weltweit

F&E



Innovative Serienprodukte und projektspezifische Entwicklungen

13 Mio. €



Aufwand und Investitionen,
140 Mitarbeiter

12



Forschungs- und
Entwicklungszentren

450



Schutzrechte

Kooperation



mit Universitäten, Forschungszentren
und internationalen Fachverbänden

> 30



Test- und Demolabors

Mit Sicherheit bestens geprüft

Internationales Center Klimatechnik und Akustik

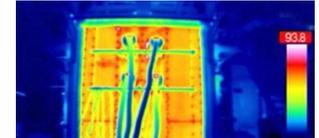
(Prüf-, Forschungs- und Entwicklungszentrum für die Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen in aller Welt)



Labore weltweit



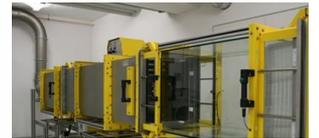
Akustiklabor



Messtechnik



Regeltechnik



Filtertechnik



Raumlufttechnik



Labortechnik

Mit Sicherheit bestens geprüft

Internationales Center Brandschutztechnik

(Prüf-, Forschungs- und Entwicklungszentrum im Bereich Brand- und Rauchschutztechnologie)

INTERNATIONALES CENTER BRANDSCHUTZTECHNIK

TROX



Daten und Kamera-
aufnahmen



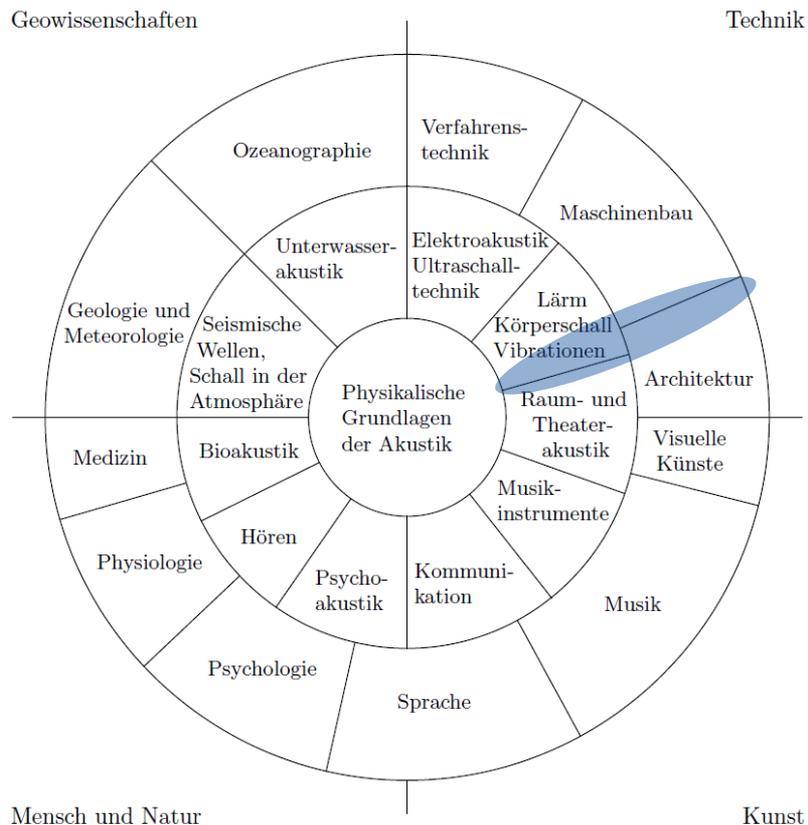
Temperaturfühler



Brandprüföfen

- Vorstellung TROX
 - **Akustische Grundlagen**
 - Die VDI2081-2019 T1/T2 – Neuerungen und Berechnungsbeispiele
 - Der Abströmschalldämpfer
-

Die Akustik ist die Wissenschaft des Schalls einschließlich seiner Erzeugung, Ausbreitung und Auswirkung.



Was ist Schall ?

Elastodynamische Schwingungen und Wellen – Körper, Fluid und Luftschall. Das Medium wird um einen mittleren Zustand bewegt.

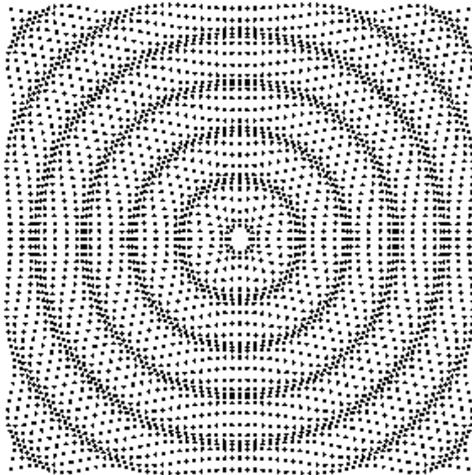
Ausbreitung von Luftschallwellen beruht auf der Übertragung von Impulsen

Schallwellen transportieren Energie + Informationen

Sehr gering gegenüber dem barometrischen Druck. Umgebungsdruck ca. 10^5 Pa - Schalldruck $20\mu\text{Pa}$ (0.00002Pa) bis 100Pa

Druckschwankung – für das menschliche Ohr wahrnehmbar – Pa

Schallwelle



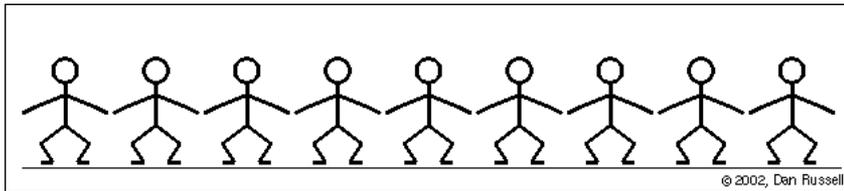
Voraussetzung für die Ausbreitung ist das Vorhandensein einer Materie. Fest, flüssig oder gasförmig.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle ist die **Schallgeschwindigkeit**. Sie ist stoffabhängig.

In Luft bei 20°C ca.340m/s

In Wasser bei 20°C ca.1500m/s

In Beton bei 20°C ca.3700m/s

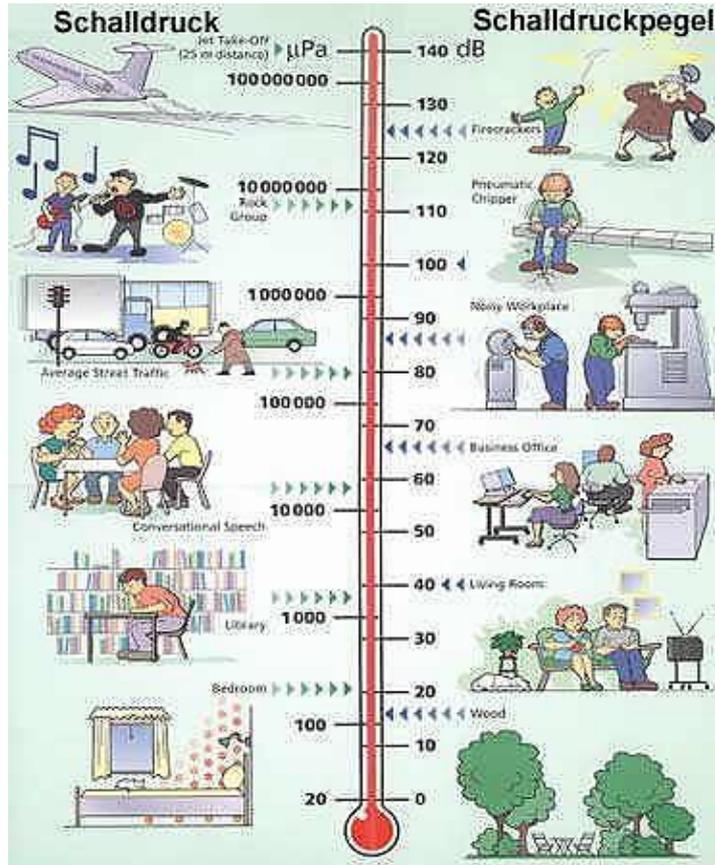


Das Schallfeld ist das Gebiet, in dem sich Schallwellen ausbreiten

Schallfeldgrößen sind z.B. der Schalldruck [Pa] und die Schallschnelle [m/s]

Schallenergiegrößen beschreiben das Schallfeld sowie die Schallquelle

Schallenergiegrößen sind z.B. die Schalleistung [W] und die Schallintensität [W/m²]



Das Gehör deckt einen großen Schalldruckbereich ab:

Hörschwelle = 20 μPa = p_0
Schmerzschwelle = 100 000 000 μPa

Die Dezibel-Skala sorgt für handliche Zahlen:

Hörschwelle = 0 dB
Schmerzschwelle = 130 dB

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{\tilde{p}^2}{p_0^2} \right) \text{ dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{\tilde{p}}{p_0} \right) \text{ dB}$$

\tilde{p} = Effektivwert des Schalldruckes in Pa
an einem bestimmten Punkt

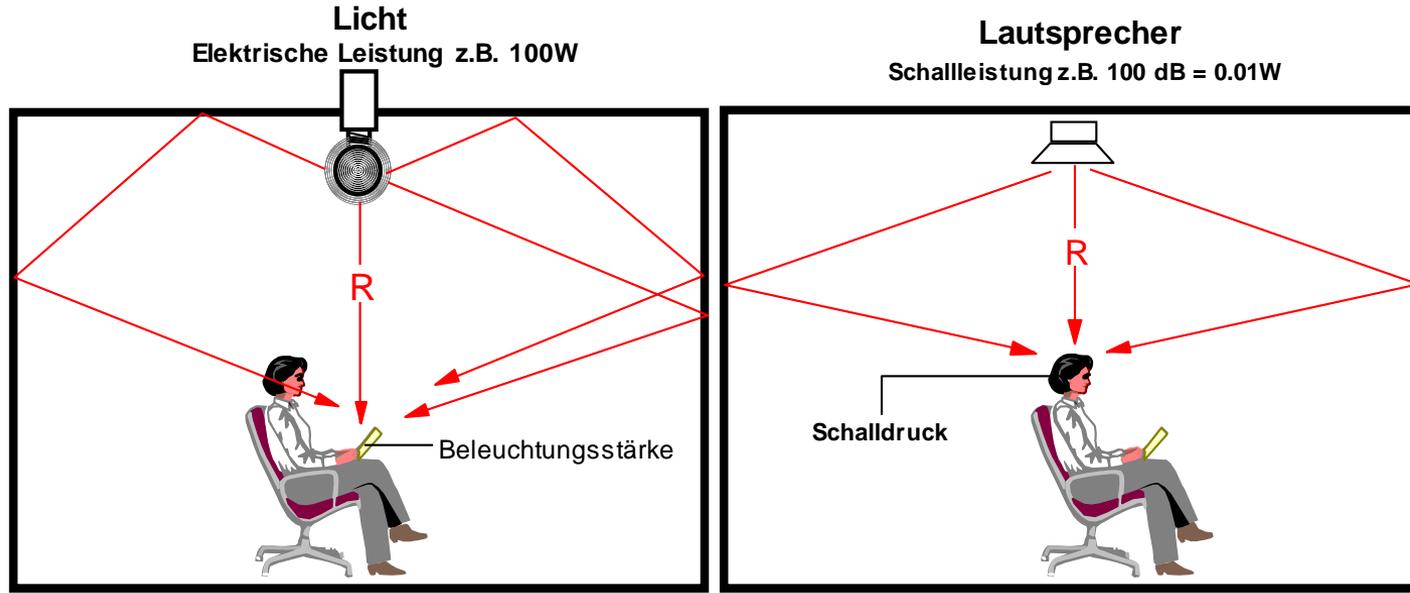
Die Schalleistung kennzeichnet die Quellstärke einer Schallquelle und ist somit grundsätzlich verschieden vom Schalldruck.

$$\text{Bezugsgröße} = 10^{-12} \text{ W} = 1 \text{ pW} = P_0$$

Die Dezibel-Skala sorgt auch hier für handliche Zahlen:

$$L_W = 10 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) \text{ dB}$$

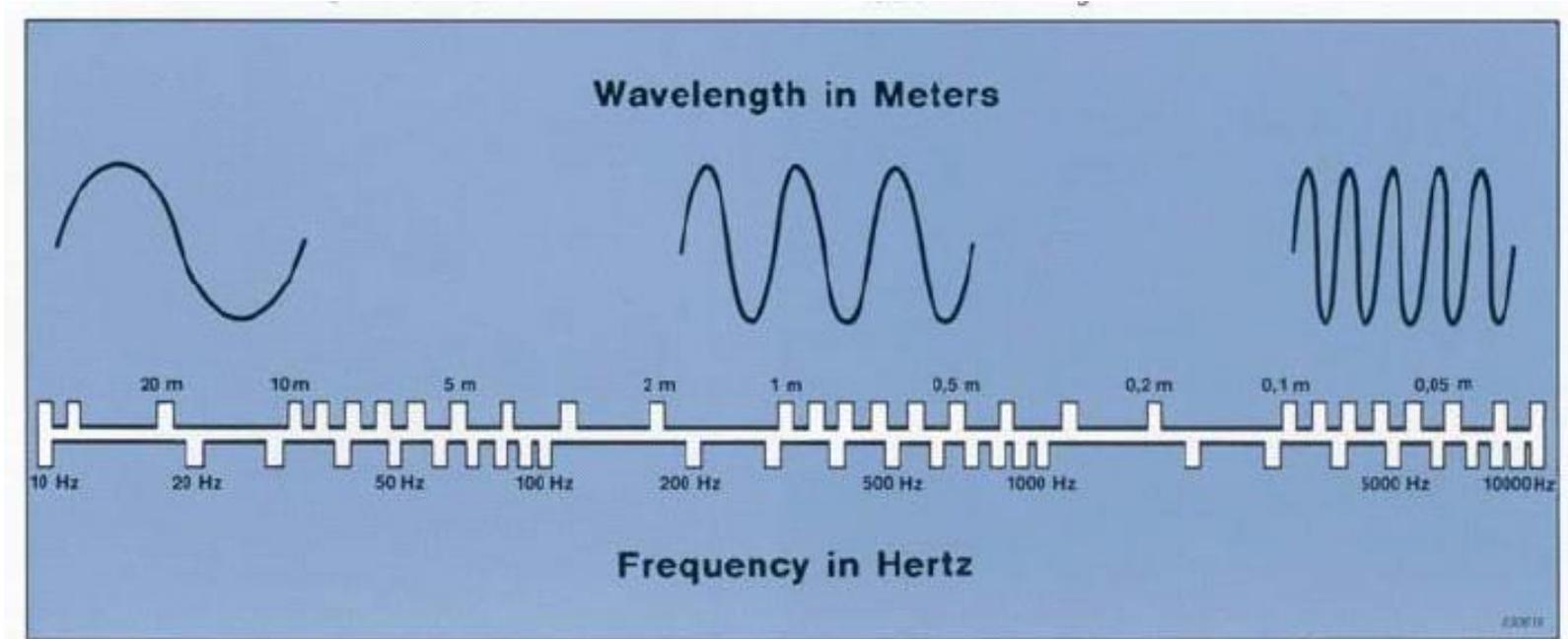
P = Schalleistung in W einer Schallquelle

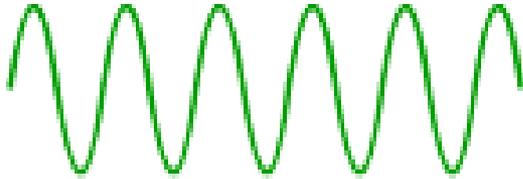


Der Pegel des Geräusches hängt von der Entfernung zwischen der Schallquelle und dem Ort der Messung, möglicherweise dem Ohr eines Hörers ab. Der Schalldruckpegel L_p ist ohne den genannten Abstand R zur Schallquelle nicht aussagefähig. Leider ist dieser Fehler (unbekannter Abstand) ziemlich häufig.

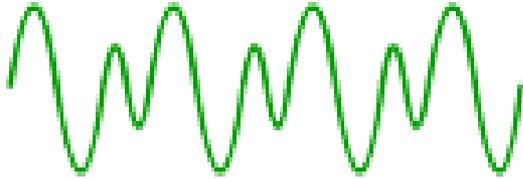
Die Anzahl der Druckschwankungen pro Sekunde ist die Schallfrequenz in Hertz [Hz]

Die Wellenlänge charakterisiert die Schallschwingung – Tonhöhe

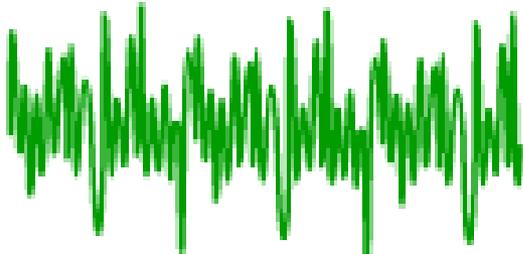




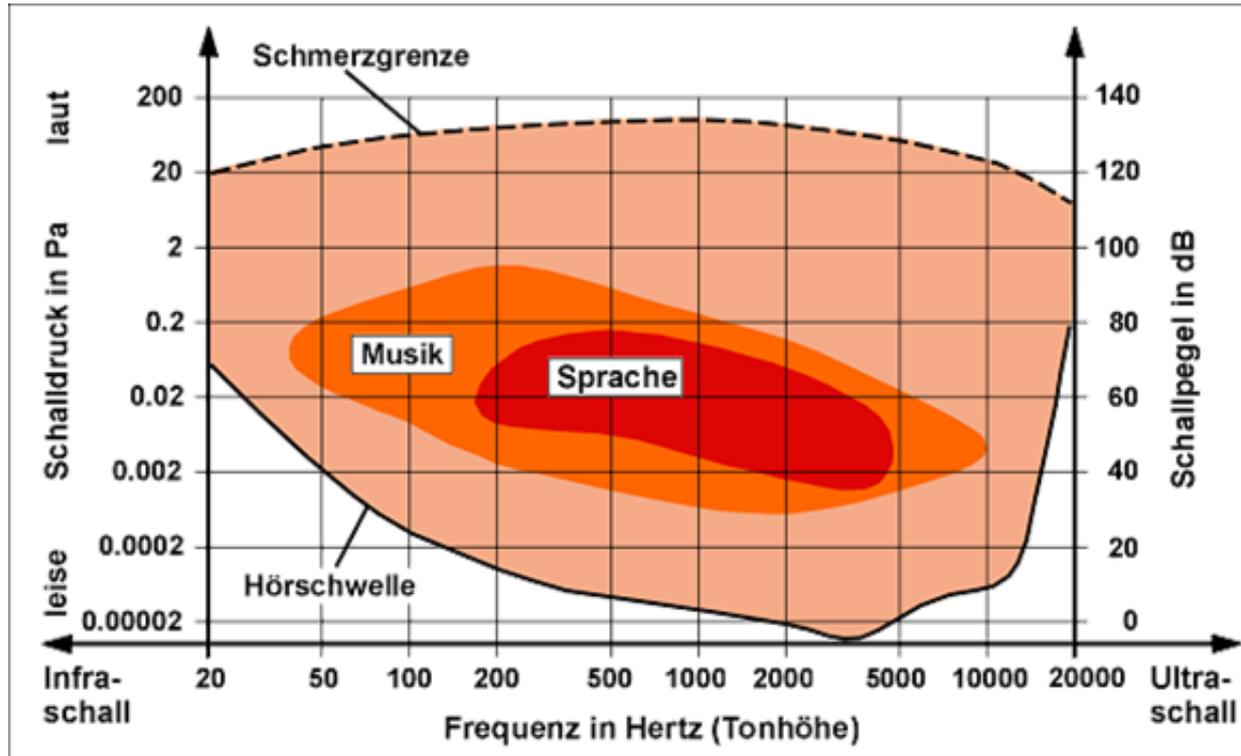
TON – eine Frequenz



KLANG – mehrere (harmonische) Frequenzen

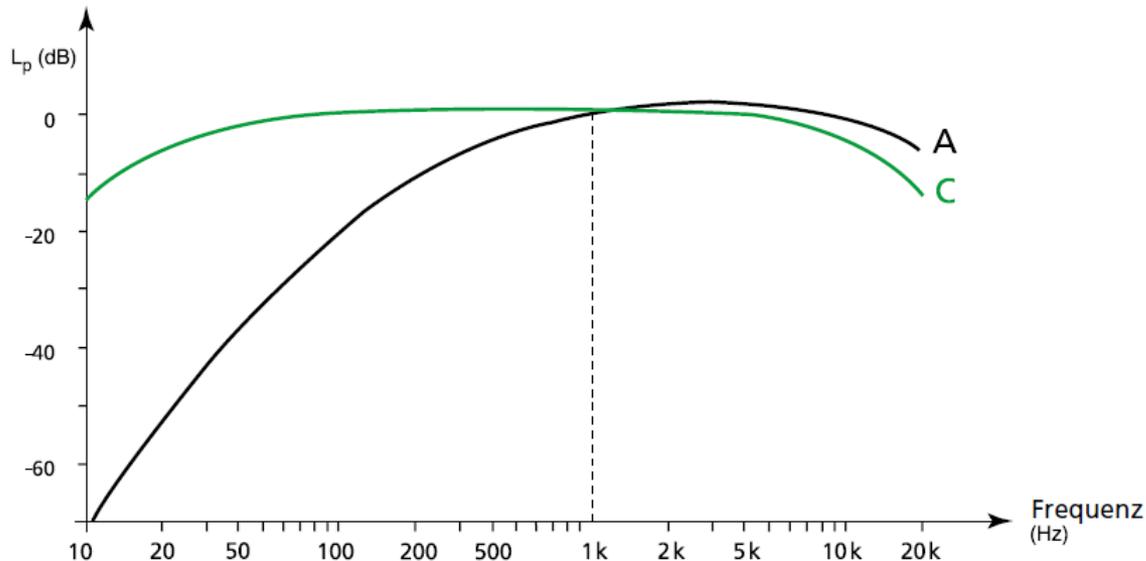


GERÄUSCH – alle Frequenzen



Das Ohr ist nicht für alle Frequenzen gleich empfindlich.

Daher werden in der technischen Akustik Bewertungskurven verwendet.



Bewertungskurven „A“ und „C“ für verschiedene Lautstärkepegel.

Meist verwendet:

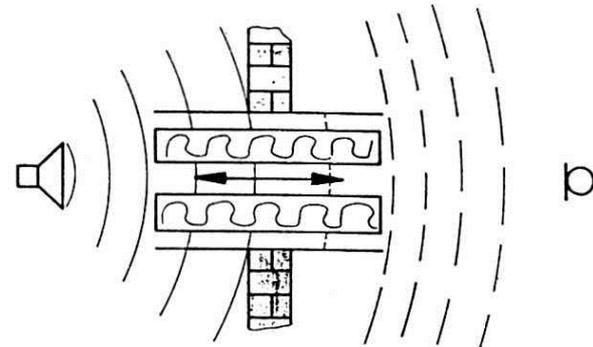
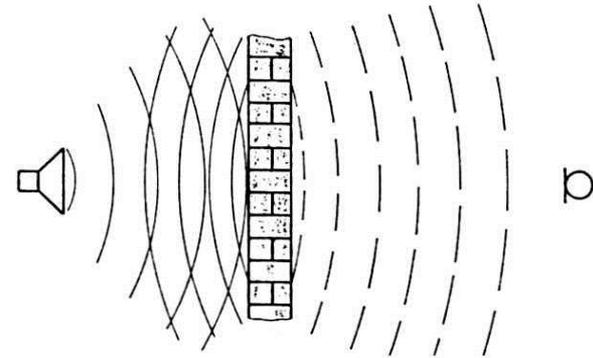
„A“ – Bewertung

Der relative Pegel wird zum Messwert des jeweiligen Spektralwertes addiert. Die logarithmische Summe aller Frequenzen ist der A-bewertete Summenpegel. Bewertet werden Schalldrücke oder Schalleistungen

Dämmung bezeichnet die Behinderung der Schallausbreitung von Luftschall oder Körperschall. Die Reflexion wird angegeben als Schallreflexionsfaktor oder als Schallreflexionsgrad.

Beispiel : Schallübertragung Raum zu Raum

Als **Dämpfung** bezeichnet man die Umwandlung der Energie z.B einer Schwingung oder einer Welle in eine andere Energieform, oft direkt in Wärme. *Beispiel: Schalldämpfer*

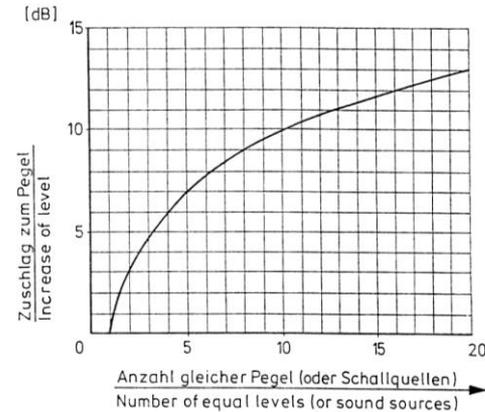
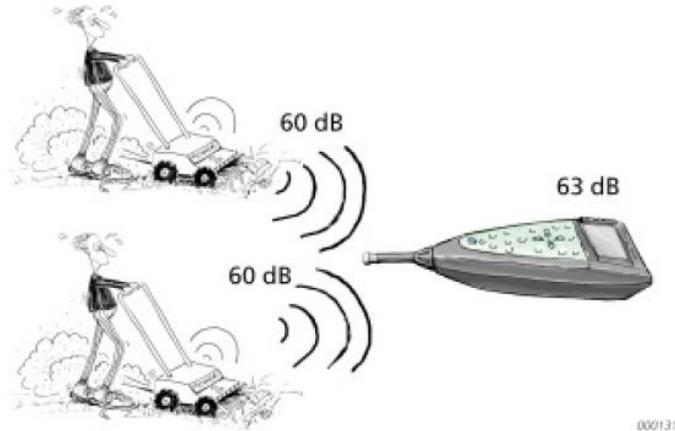




Messung des Schalldruckpegels nach dem Hallraumverfahren (Referenzschallquelle). Daraus wird die Schalleistung gerechnet. Ermittlung einer Richtcharakteristik nicht möglich

Addition

$$L_{pErgebnis} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{p3}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}} \right)$$



Subtraktion

$$L_{presult} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{ptot}}{10}} - 10^{\frac{L_{pbackground}}{10}} \right)$$

Korrektur
Hintergrundpegel

Schallausbreitung im Freien

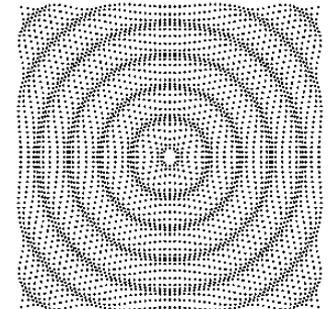
- Nur Direktschall – keine Reflexionen
- Schallwellen breiten sich auf einer Kugeloberfläche aus
- Reduzierung des Pegels um 6dB pro Entfernungsverdopplung

Schallausbreitung in Räumen

- Überlagerung und Addition von Direktschall und Diffusschall (Reflexionen)
- Raumdämpfung ist abhängig von der Nachhallzeit
- Nachhallzeit ist bestimmt durch die Ausstattung des Raums
- Die äquivalent Absorptionsfläche in m^2 Sabine kennzeichnet die Oberflächen eines Raumes

- Vorstellung TROX
 - Akustische Grundlagen
 - **Die VDI2081-2019 T1/T2 – Neuerungen und Berechnungsbeispiele**
 - Der Abströmschalldämpfer
-

- Die **VDI 2081** – Überarbeitetes Standardwerk der Akustik in der TGA
 - **Teil 1:** Geräuscherzeugung und Lärminderung - Grundlagen, Berechnungsvorschriften
 - **Teil 2:** Anwendung der Berechnungsvorschriften / Beispiele
- Excel-Tools T1 & T2
- Beispiel-Rechnung Luftleitungsnetz & Raum zu Raum Übertragung
- Zusammenfassung



Alte Versionen

ICS 17.140.20; 91.140.30		VDI-RICHTLINIEN		Juli 2001 July 2001	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen Noise generation and noise reduction in air-conditioning systems	VDI 2081 Blatt 1 / Part 1 Ausz. deutsch/englisch Issue German/English			

Überarbeitung 2019 T1&T2

ICS 17.140.20, 91.140.30		VDI-RICHTLINIEN		März 2019 March 2019	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Raumluftechnik Geräuscherzeugung und Lärminderung Air-conditioning Noise generation and noise reduction	VDI 2081 Blatt 1 / Part 1 Ausz. deutsch/englisch Issue German/English			
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.			The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.		

ICS 17.140.20;91.140.30		VDI-RICHTLINIEN		Mai 2005 May 2005	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen Beispiele Noise generation and noise reduction in air-conditioning systems Examples	VDI 2081 Blatt 2 / Part 2 Ausz. deutsch/englisch Issue German/English			

ICS ##.###.###		VDI-RICHTLINIEN		#### 2018	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Raumluftechnik Geräuscherzeugung und Lärminderung Beispiele	VDI 2081 Blatt 2 Entwurf			

Neuerungen / Highlights Teil 1

- Überarbeitung aller Prognoseverfahren – Vereinfachung & aktuelle Datenbasis ->> Excel – Funktionsblöcke auf Datenträger



- Ergänzungen:

$$L_{p,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{p,i}} \right) \text{ örtlich, in dB}$$

- Abschnitt zur zeitlich und/oder räumlichen Pegelmittelung

$$L_{p,eq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^t 10^{0,1L_{p,i}} \cdot t_i \right) \text{ zeitlich, in dB}$$

- GK-Geräuschbewertungs-Kurven

- Verfahren zur Berechnung des Schalldruckpegel im Raum durch n gleiche Quellen wie z.B. Luftdurchlässe

$$L_{p,ges} = L_W + 10 \lg \left(\frac{Qr_{ref}^2}{4\pi r_{min}^2} + \frac{4nA_{ref}}{A} \right)$$

- Abschnitt zur Schallausbreitung im Freien

Neuerungen / Highlights 2081 T1

- Fehlerkorrekturen und Verbesserungen:

- A-Bewertung im Oktavband. Bisher: $\Delta L_{A\text{Oktav}} = \Delta L_{A\text{Terz}}$; Neu: log Mittelung dreier Terz- zu einem Oktav-Wert.

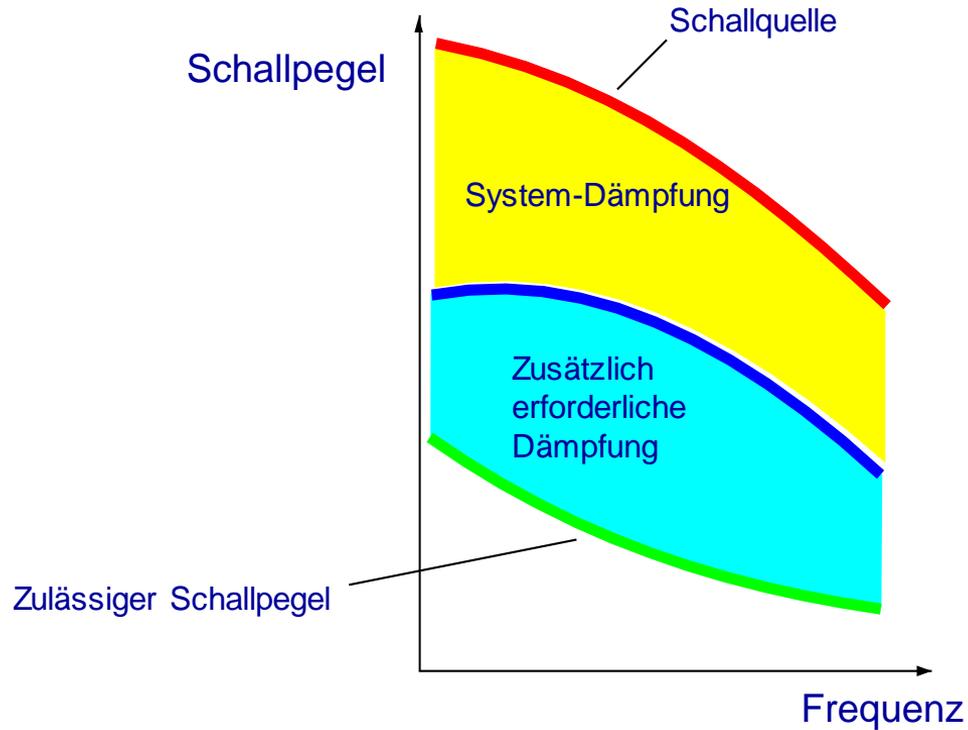


- Oktav-Spektren werden mit der sog. Gesamtkorrektur berechnet.



- Prognoseverfahren ergeben immer den **unbewerteten** Summenschalleistungspegel und die spektrale Verteilung im Oktavband.

Akustische Berechnung des Leitungsnetzes



Neuerungen / Highlights Teil 2

Anwendung der in Teil 1 vorgestellten Prognoseverfahren anhand einer Beispielanlage mit 5 Räumen.

Dabei wird die Überlagerungs-Methode verwendet.

$$\begin{array}{r} \text{Oktavschalleistungspegel} \\ - \\ \text{Schallpegelsenkung} \\ = \\ \text{Restgeräusch} \\ + (\text{log.}) \\ \text{Strömungsgeräusch} \\ = \\ \text{Gesamtgeräusch} \\ \text{(Oktavschalleistungspegel)} \end{array}$$

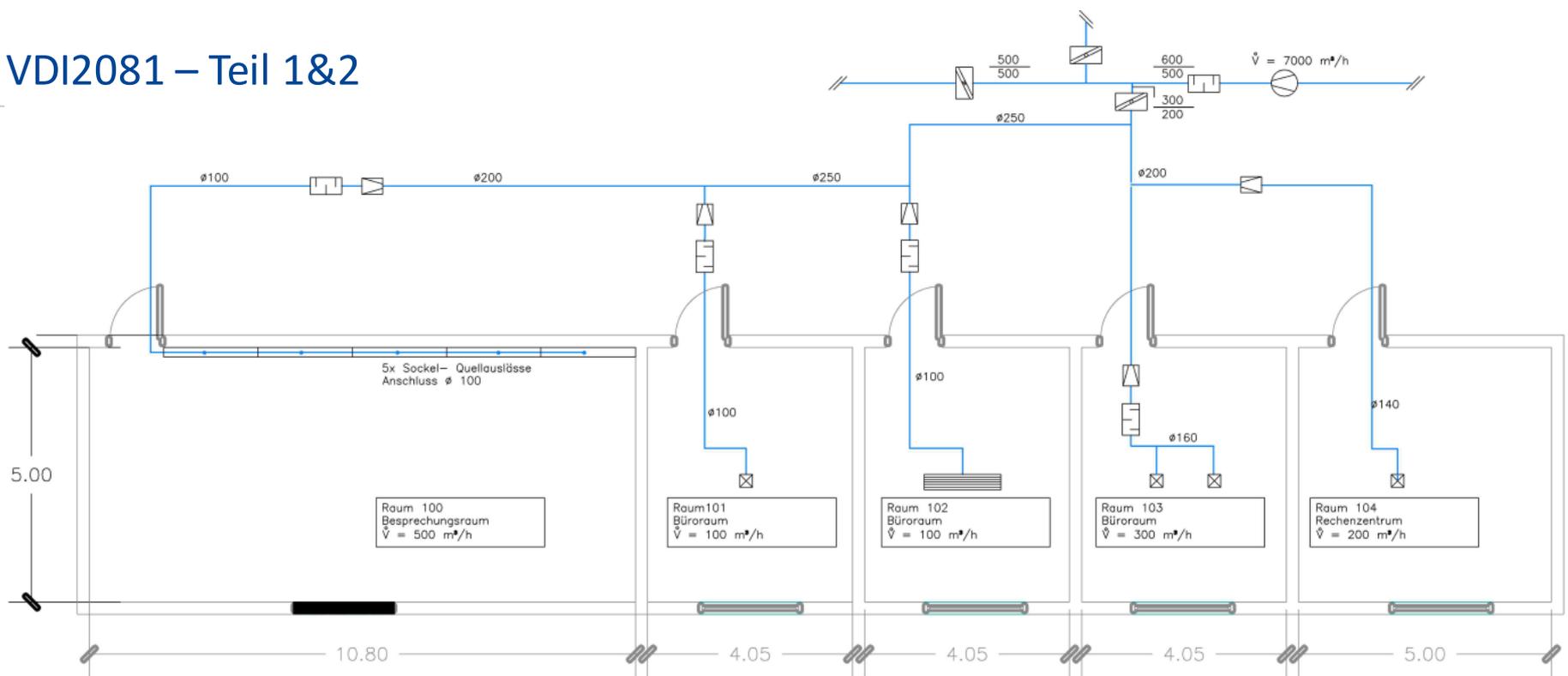
Teil 2 - Berechnungen

- Berechnungsergebnisse als Übersichts-Tabellen in der Richtlinie für alle Räume der Beispiel-Anlage. Ausführliche Berechnungs-Tabellen als Excel Datei auf Datenträger.

Luftleitungs-Netz, Komponenten im Schallweg		Luftleitungs-Netz Berechnung, Zusammenfassung									
Nr.	Beschreibung	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Lw/Lp	LwA/LpA
1	Ventilator	87	88	87	86	84	82	78	73	94	89
2	SD_Kulisse	83	79	68	47	40	51	62	64	85	69
		48	44	39	35	32	29	26	23	50	38
		83	79	68	47	41	51	62	64	85	69
3	Luftleitung_rechteckig	82	78	67	47	41	50	62	63	84	68
		49	44	38	31	25	18	12	5	50	34
		82	78	67	47	41	50	62	63	84	68

Ausgang Block "Ventilator" - Start der Berechnung
 Restgeräusch nach Pegelsenkung/Dämpfung
 Schallerzeugung-Lw
 Ausgang = Eingang Folgeblock

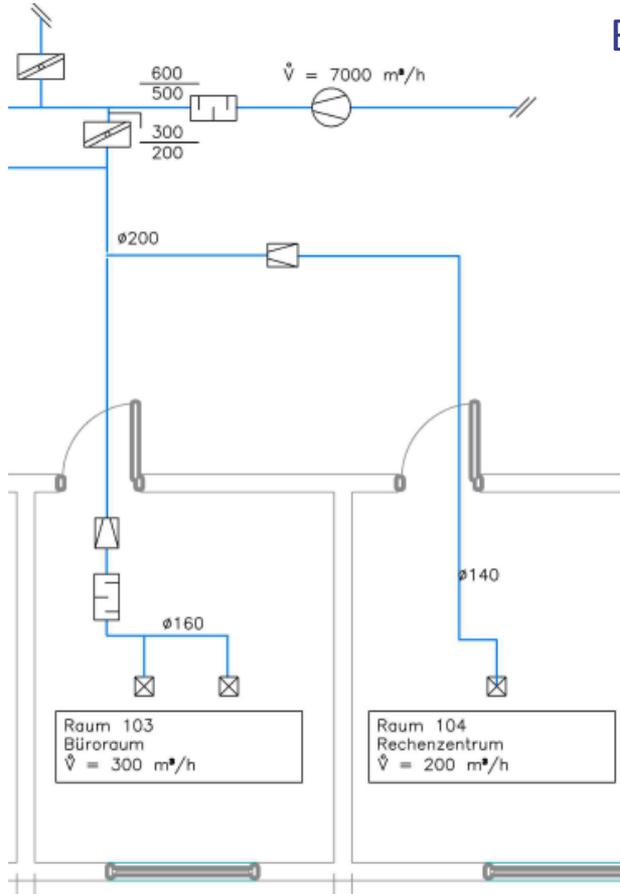
VDI2081 – Teil 1&2



Legende

- Zuluft
- Drallauslass
- Deckeninduktionsgerät
- Volumenstromregler
- Zuluftventilator

Beispiel-Rechnung – Draufsicht & System



Beispiel-Rechnung – Raum 103

Die Rechnung für den Raum 103 beinhaltet alle relevanten Schallquellen:

- Geräusche aus dem Luftleitungsnetz / Luftdurchlass für ZU- und ABLUFT.
- Abstrahlung des Volumenstromreglers inkl. Luftleitungsnetz in der Zwischendecke
- Raum zu Raum Übertragung über die Trennwand aus dem „lauten“ Raum 104, der als Rechenzentrum genutzt wird.
- Telefonieübertragung über das Luftleitungsnetz



Berechnungs – Tool VDI 2081 T2

Frei nutzbares Tool zur akustischen Berechnung von Luftleitungsnetzen



Zusammenfassung

- Die neue VDI2081 definiert einen neuen Standard bei der akustischen Auslegung in der TGA.
- Die vorgestellte computergestützte Berechnung ist einfach und sicher.
- Spektren der Komponenten sind meist bekannt. Falls nicht, können Prognoseverfahren die in der VDI2081 beschrieben sind, verwendet werden.
- Die „250Hz Methode“ ist heute nicht mehr sinnvoll / nötig. Diese Vereinfachung stammt aus der Pre-PC Zeit. Dazu kommt das moderne Ventilatoren(z.B. Radialventilatoren mit frei laufenden Rädern) ihre max. Schallenergie deutlich unter 250Hz emittieren.

- Vorstellung TROX
 - Akustische Grundlagen
 - Die VDI2081-2019 T1/T2 – Neuerungen und Berechnungsbeispiele
 - **Der Abströmschalldämpfer**
-



Neuartige
Komponente
für ein
Klimazentralgerät

These:

Der Einsatz des Abströmschalldämpfers trägt zum energieeffizienten Betrieb des Ventilators in einem Klimazentralgerät bei!

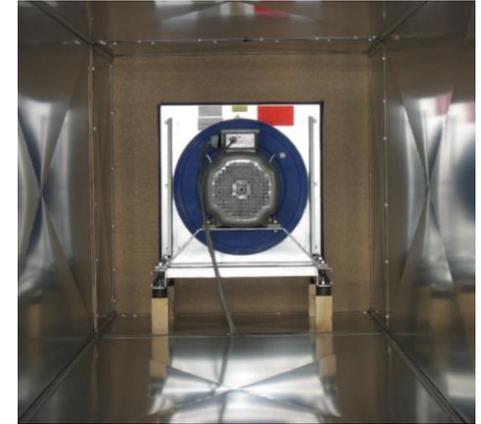
Untersuchungen des Strömungsfelds hinter dem Laufrad



Aufbau, 800mmx800mm Kanal.
Druckseitig an Hallraum



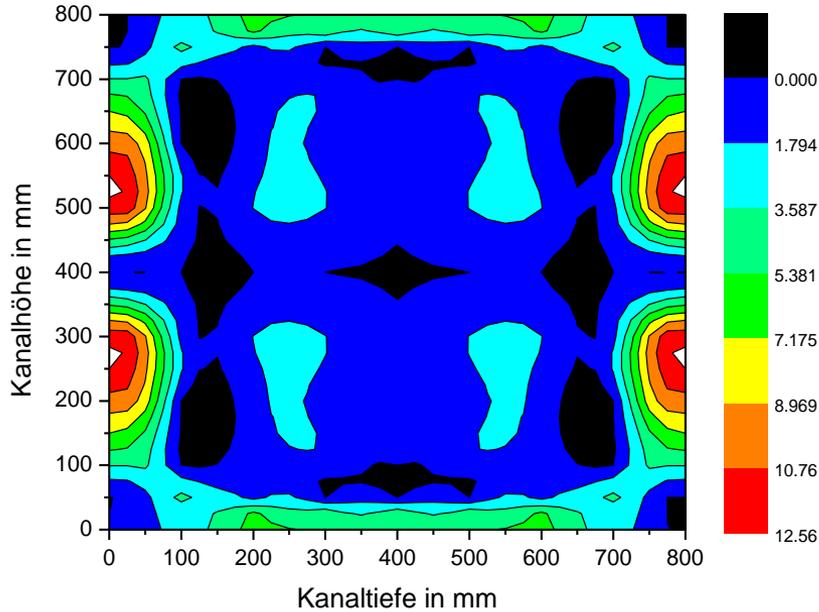
Saugseitiger Kanal demontiert



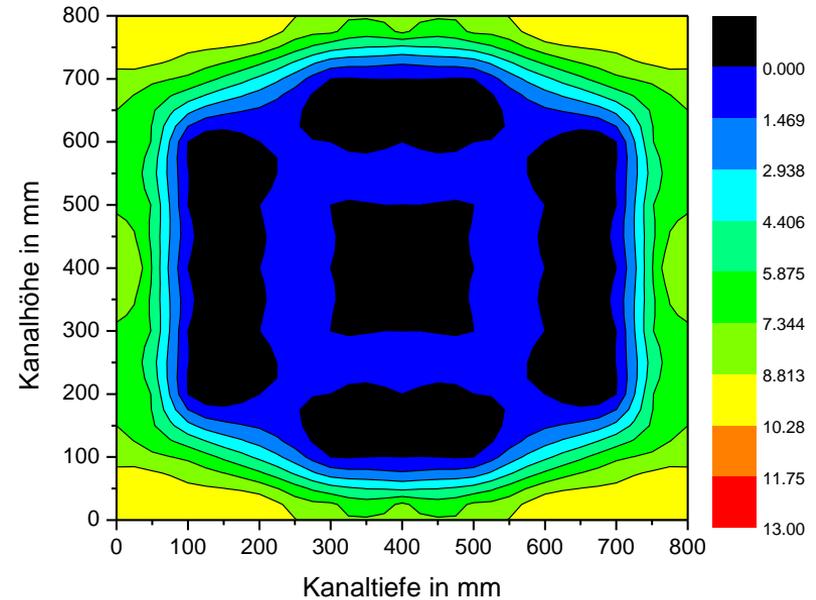
Blick auf das Laufrad
(D=350mm)

Untersuchungen des Strömungsfelds hinter dem Laufrad

Luftgeschwindigkeit im Kanal bei 5200m³/h – entspricht einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 2.3m/s



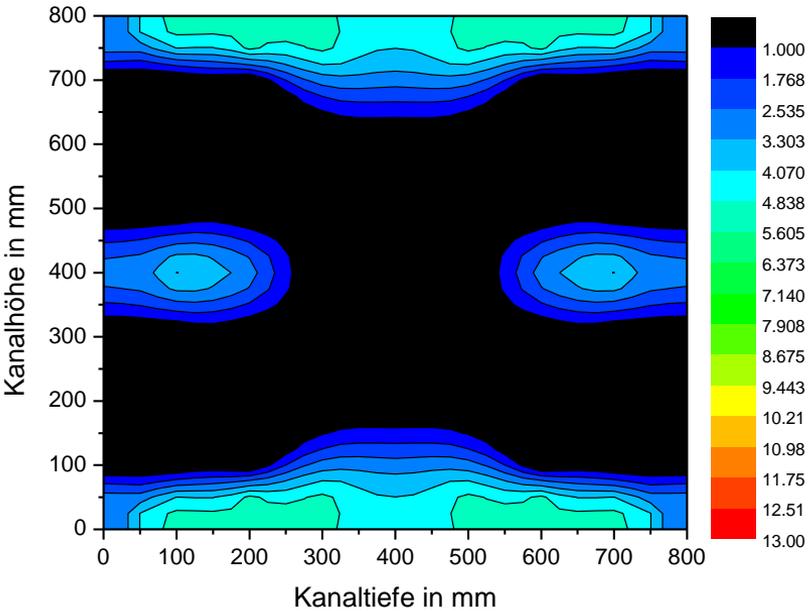
Abstand zum Laufrad : 450mm



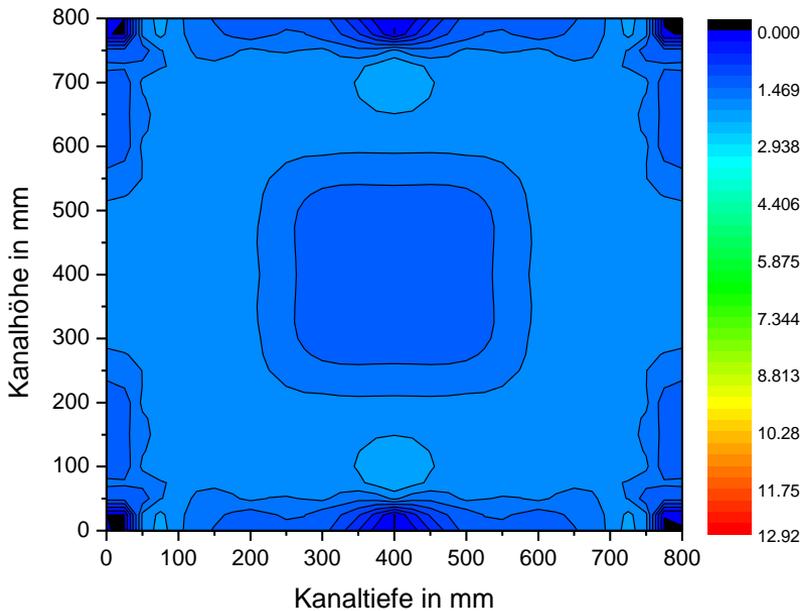
Abstand zum Laufrad : 850mm

Untersuchungen des Strömungsfelds hinter dem Laufrad

Luftgeschwindigkeit im Kanal bei 5200m³/h – entspricht einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 2.3m/s



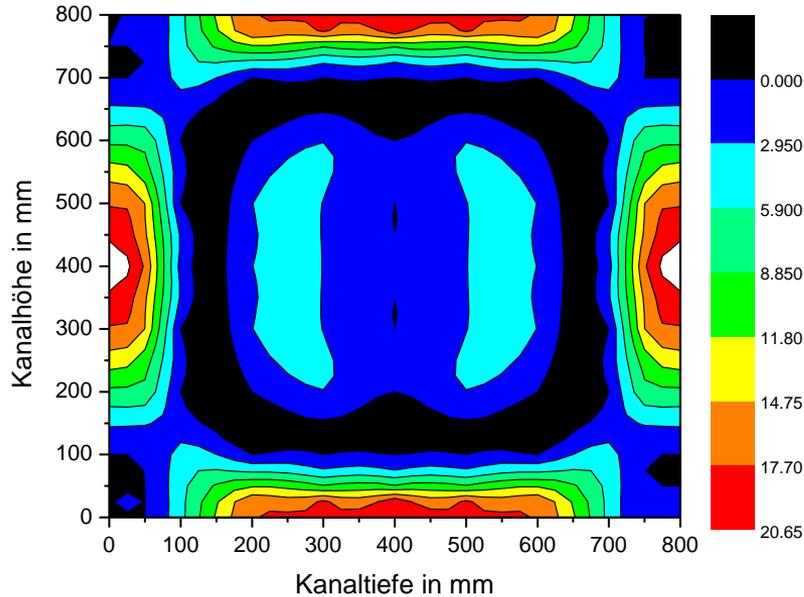
Abstand zum Laufrad : 1500mm



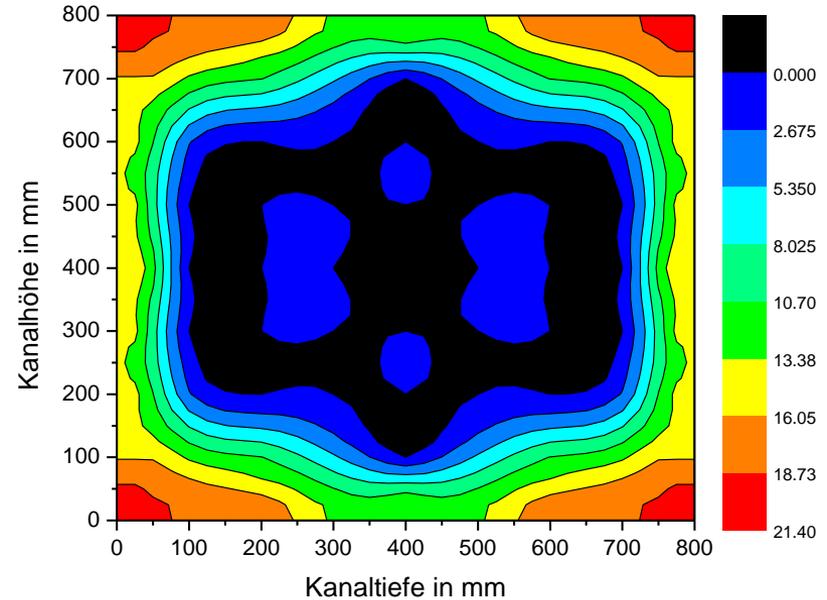
Abstand zum Laufrad : 2700mm

Untersuchungen des Strömungsfelds hinter dem Laufrad

Luftgeschwindigkeit im Kanal bei $9400\text{m}^3/\text{h}$ – entspricht einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 4 m/s

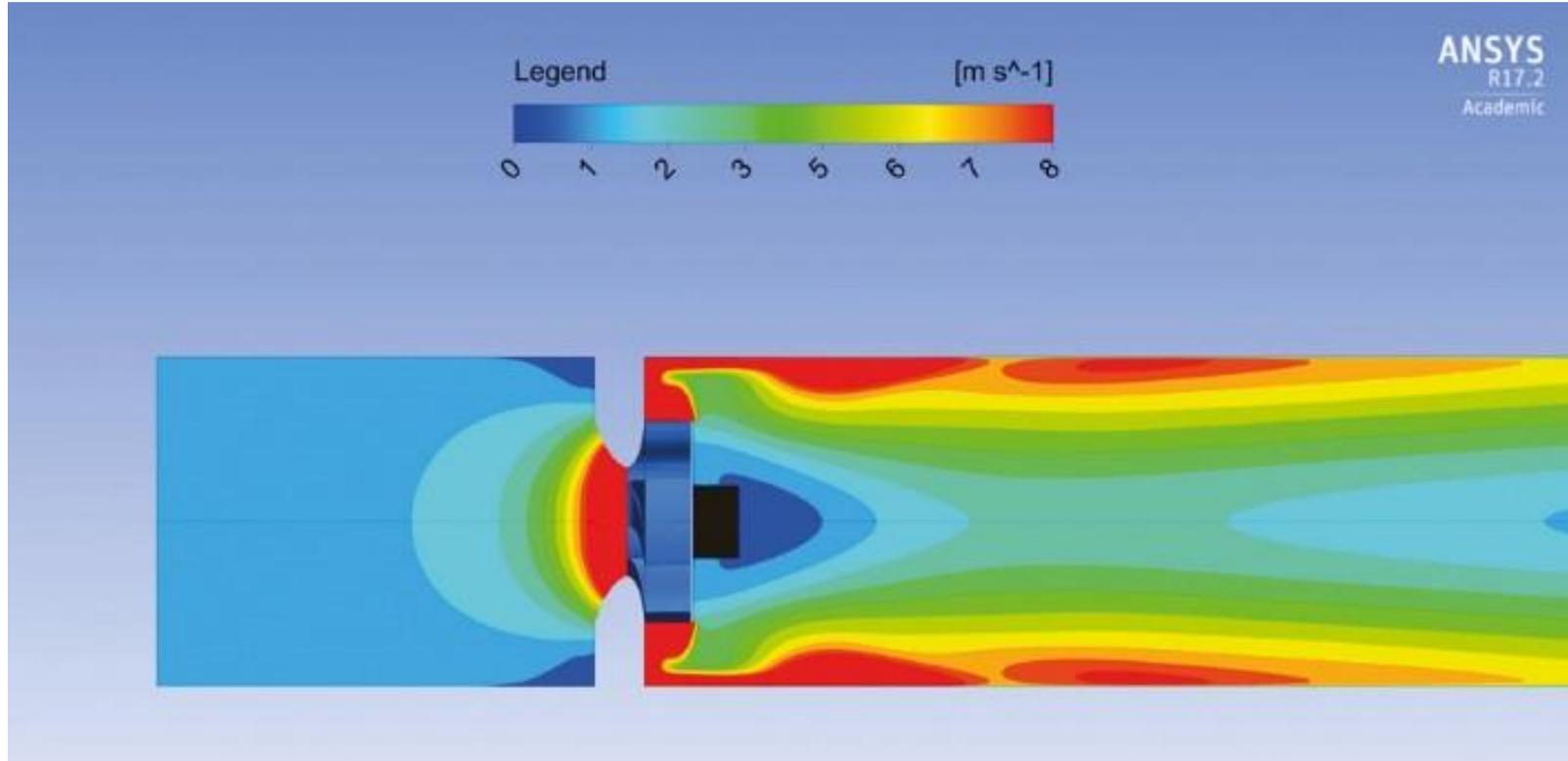


Abstand zum Laufrad : 450mm

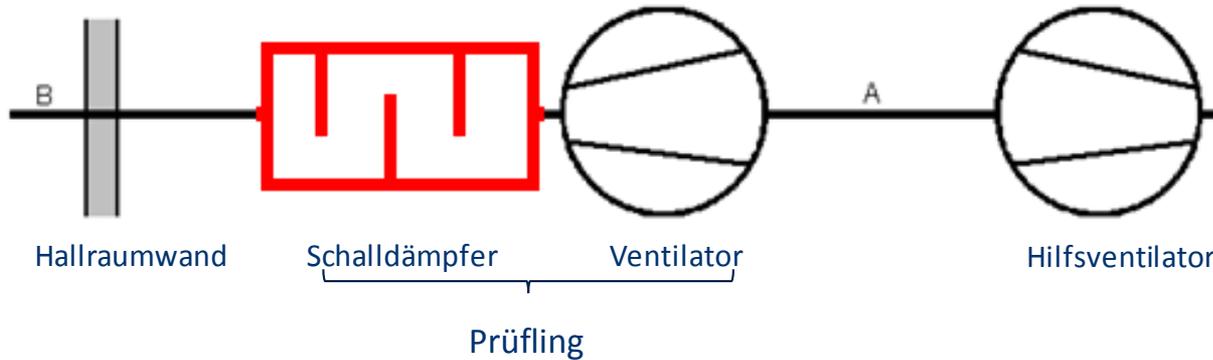


Abstand zum Laufrad : 850mm

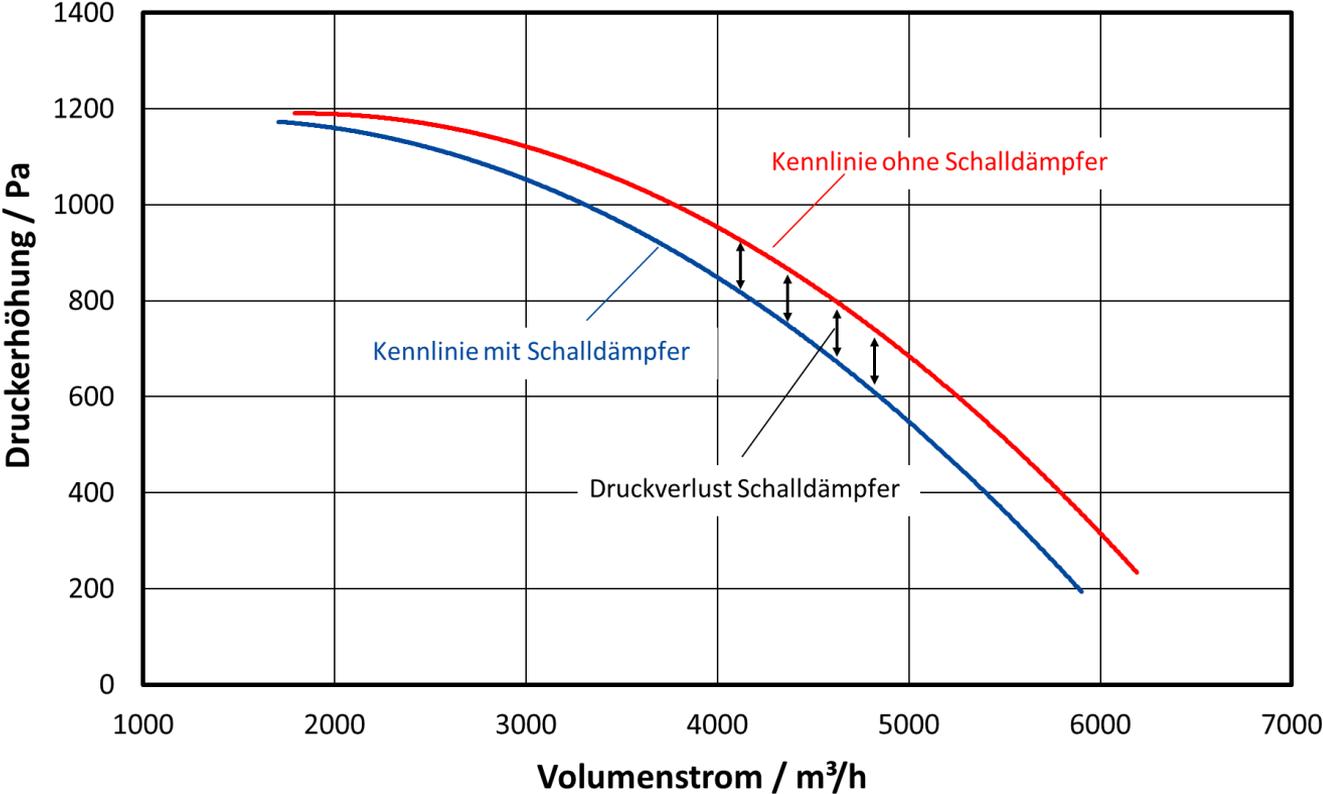
Untersuchungen des Strömungsfelds hinter dem Laufrad – CFD Analyse



Indirektes Verfahren zur Bestimmung des Effektes des Schalldämpfers



- Ermittlung der Ventilator Kennlinie OHNE Schalldämpfer
- Ermittlung der Ventilator Kennlinie MIT Schalldämpfer
- Differenz der Kennlinien bei gleichbleibender Drehzahl ist der Druckverlust über den Schalldämpfer

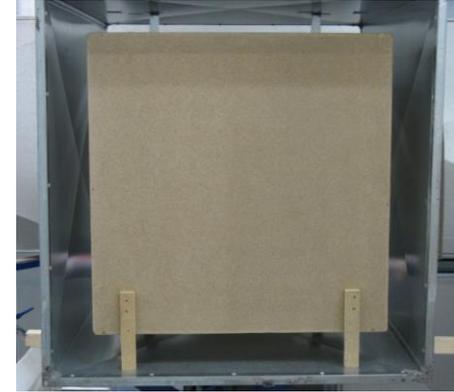


Holzformen - Geometriesuche

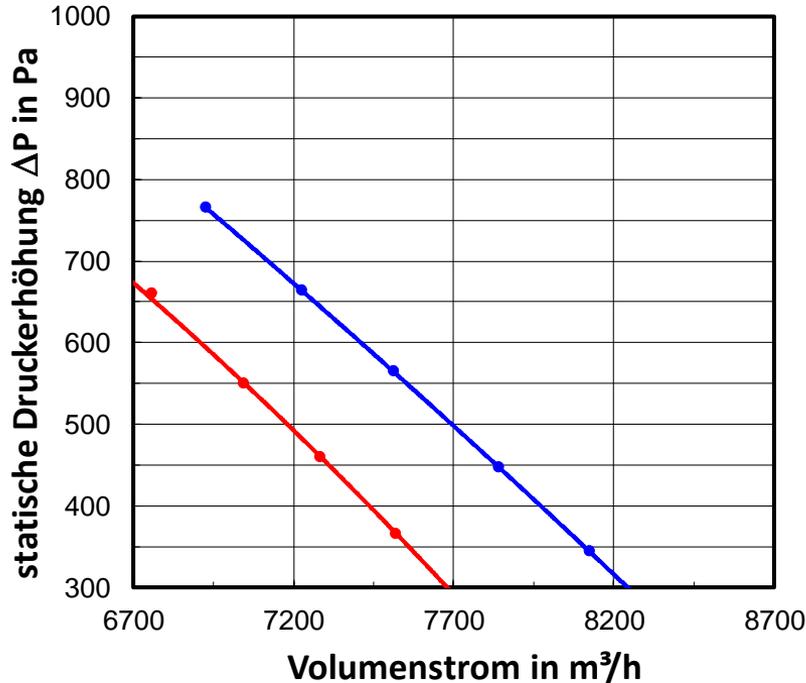
2. Holzformen im Kanal 800mm x 800mm



- Verschiedene Geometrien
- Platzierung hinter dem Laufrad
- Untersuchung der Auswirkung auf die Ventilator-Charakteristik

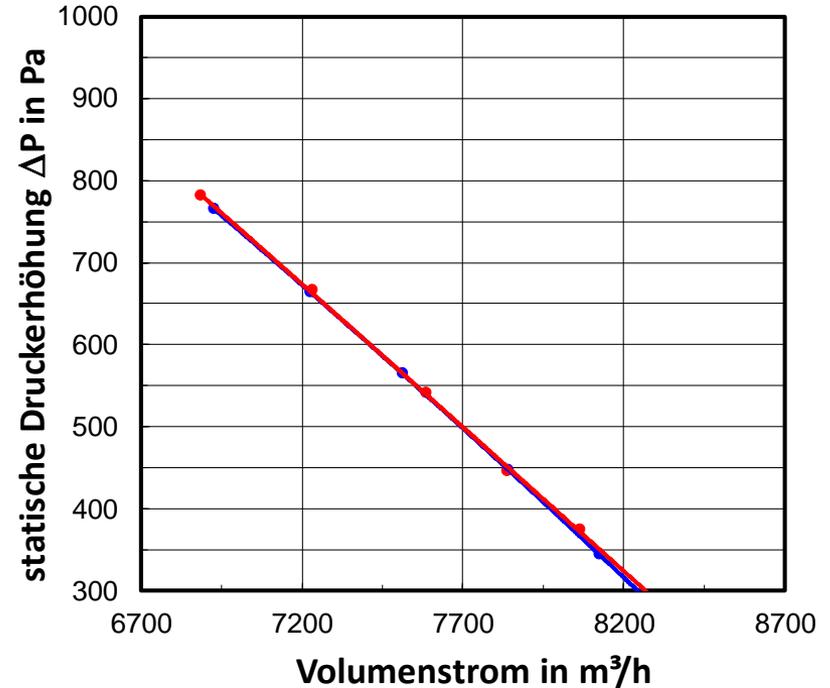


Holzform Nr.: 1 -Quader, 500mm lang; 40mm Spalt, umlaufend



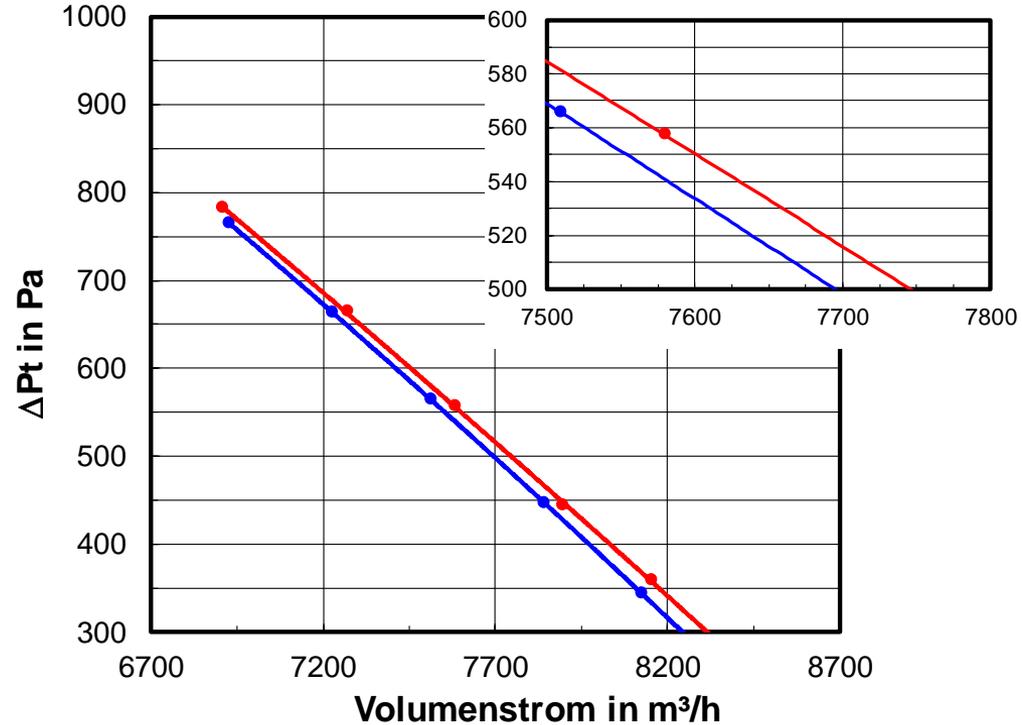
- Ziell Abegg Ventilator; 42 Hz; ohne Schalldämpfer
- Ziell Abegg Ventilator - mit Holzform Nr.: 1

Holzform Nr.: 3 -Quader, 500mm lang; 72mm Spalt, umlaufend



- Ziell Abegg Ventilator; 42 Hz; ohne Schalldämpfer
- Ziell Abegg Ventilator - mit Holzform Nr.: 3

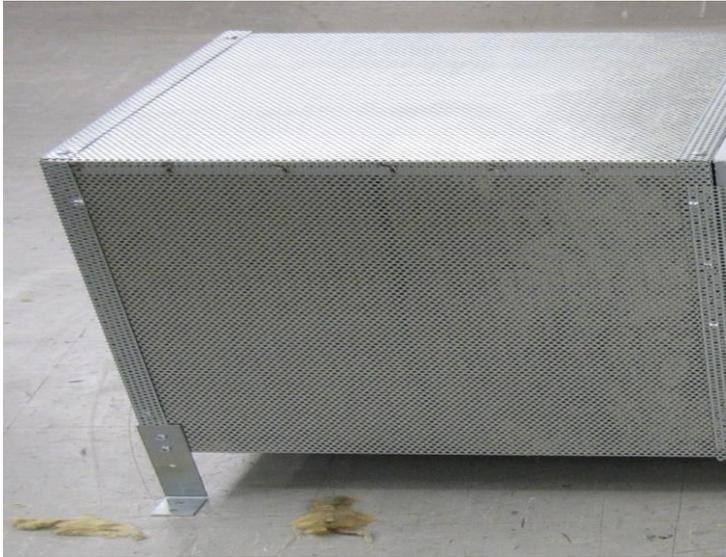
Holzform Nr.: 8 - Konisch, 500mm lang; 72/92mm Spalt, umlaufend



- Ziehl Abegg Ventilator; 42 Hz; ohne Schalldämpfer
- Ziehl Abegg Ventilator - mit Holzform Nr.: 8

Untersuchungen mit Abströmschalldämpfern

3a. Mit Mineralwolle gefüllte Formen

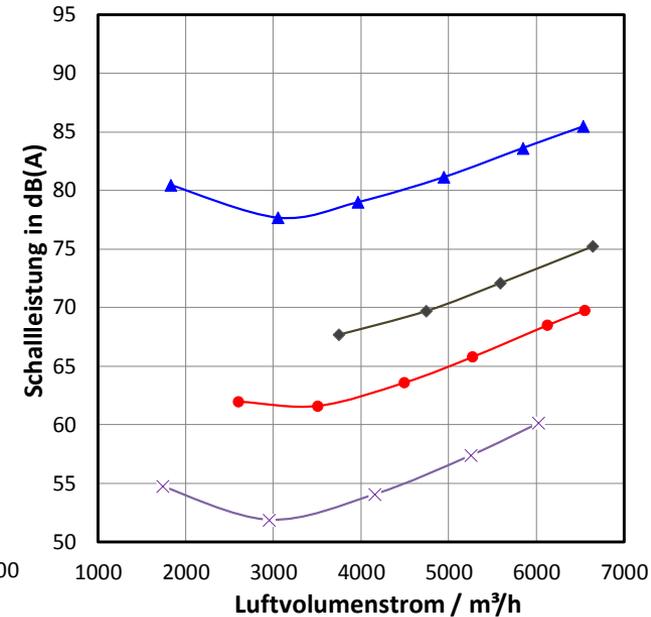
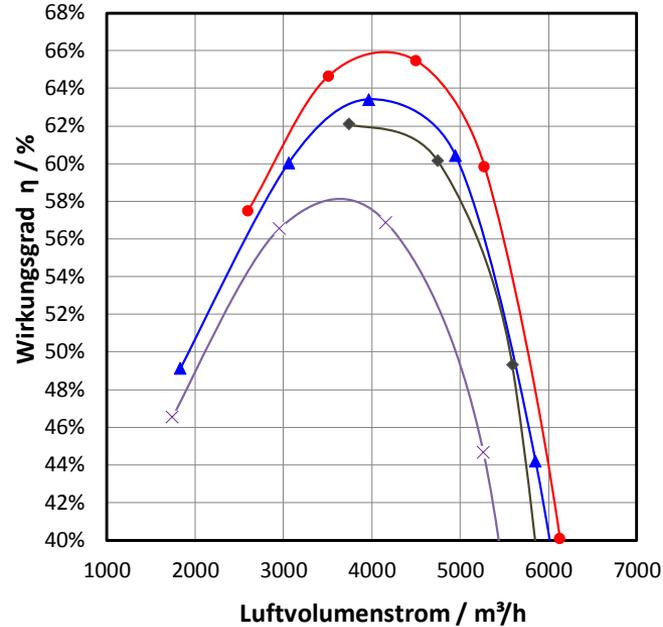
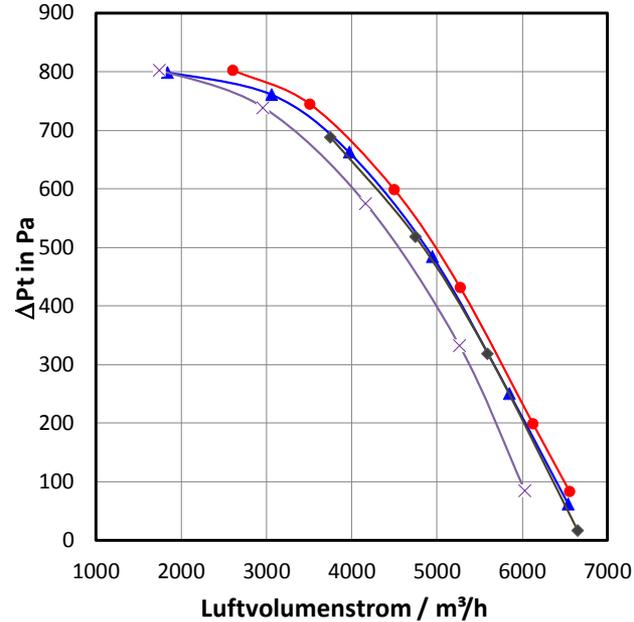


SD – Nr. 10:

Quader 1000mm lang,
75mm umlaufender Spalt
Kanal 750mmx750mm

Der Abströmschalldämpfer

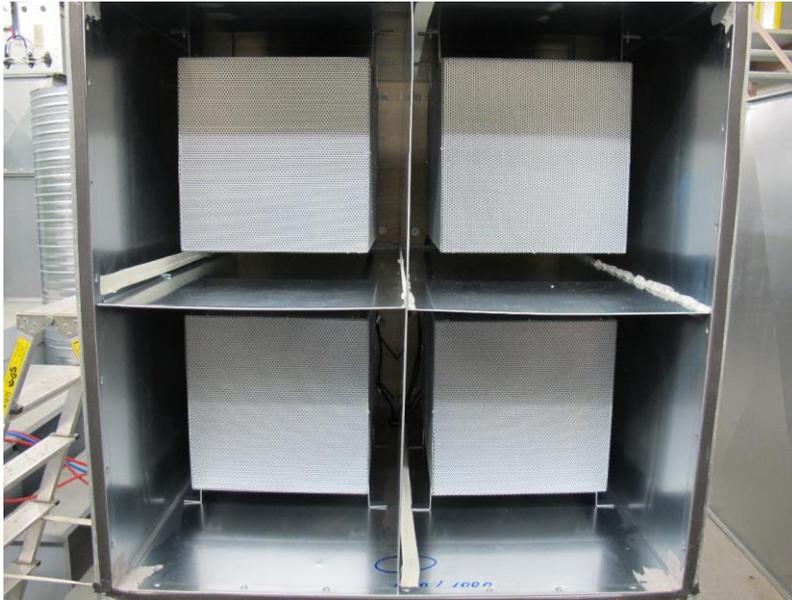
Schalldämpfer Nr.: 10 Quader 1000mm lang



- ▲ EBM Ventilator - ohne Schalldämpfer
- ◆ 2xMKA200 Kulissen, Spalt 175mm
- × 3xMKA200 Kulissen, Spalt 50mm
- Schalldämpfer Nr.10

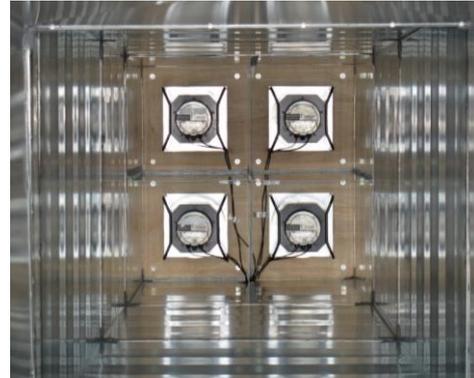
Abströmschalldämpfer, Fan-Wall

3b. Mit Mineralwolle gefüllte Formen



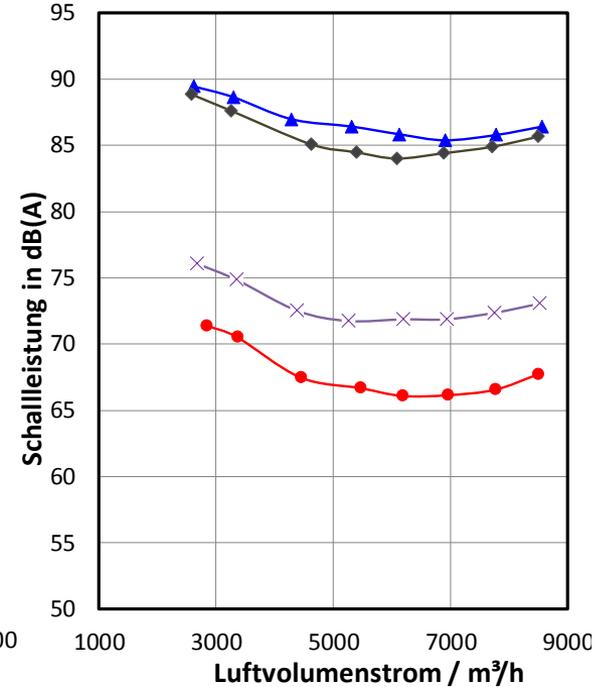
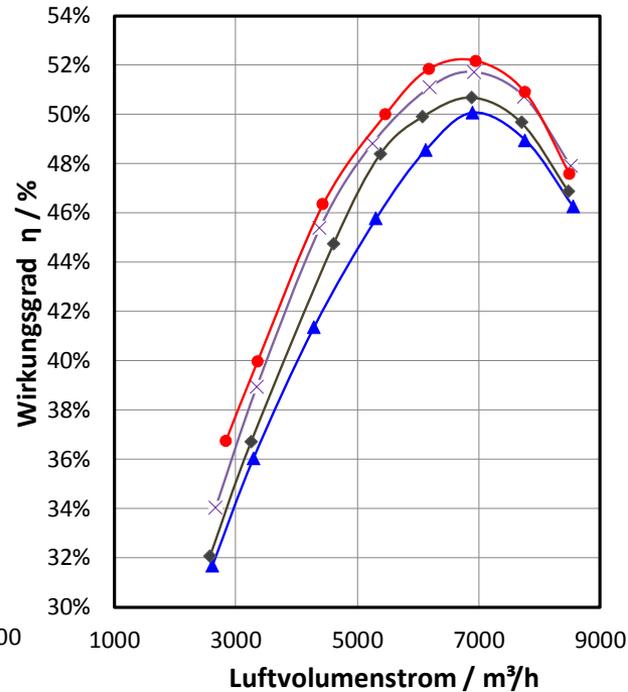
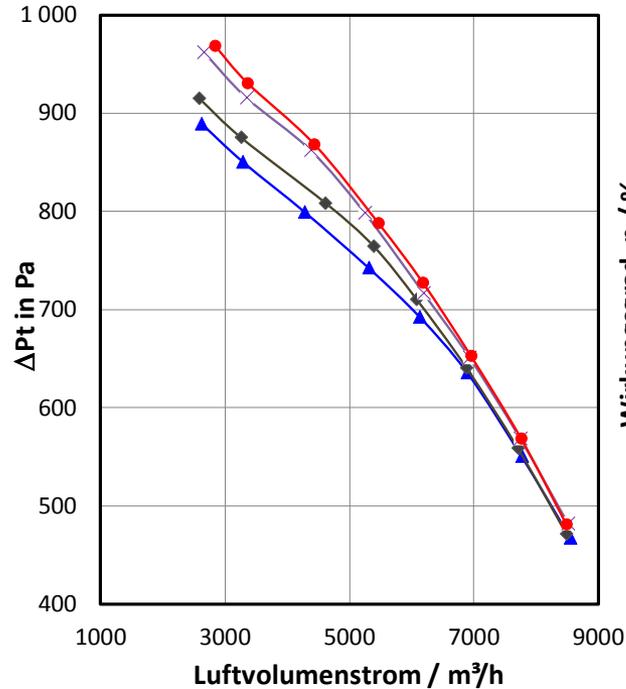
SD – Nr. 20:

„Fan-Wall“ Quader 500mm lang,
45mm bzw. 65mm umlaufender Spalt
Kanal 4 x 500mmx500mm



Der Abströmschalldämpfer

Schalldämpfer Nr. 20: „Fan-Wall“-Setup; Je ein Quader 500mm lang pro Ventilator

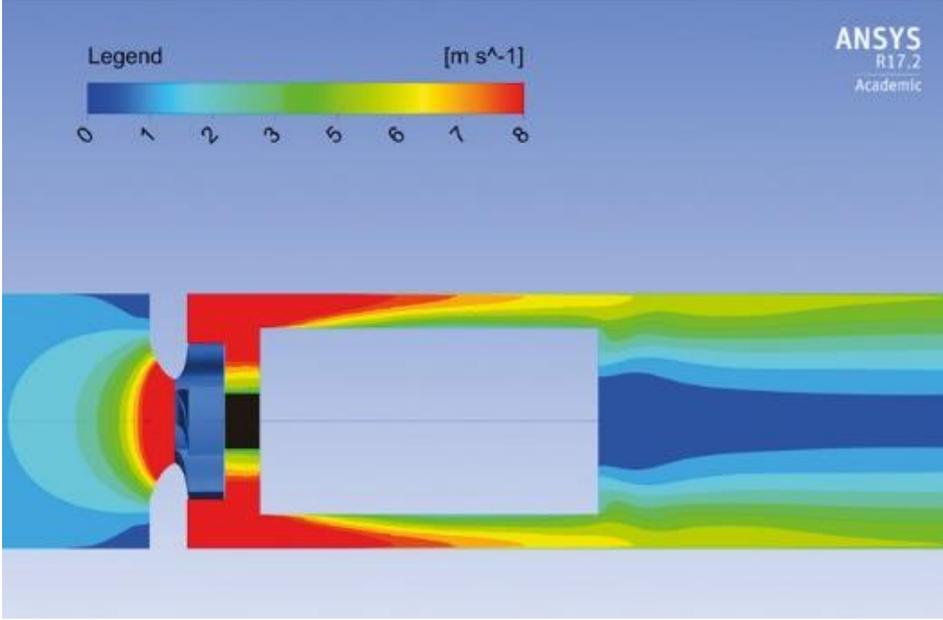
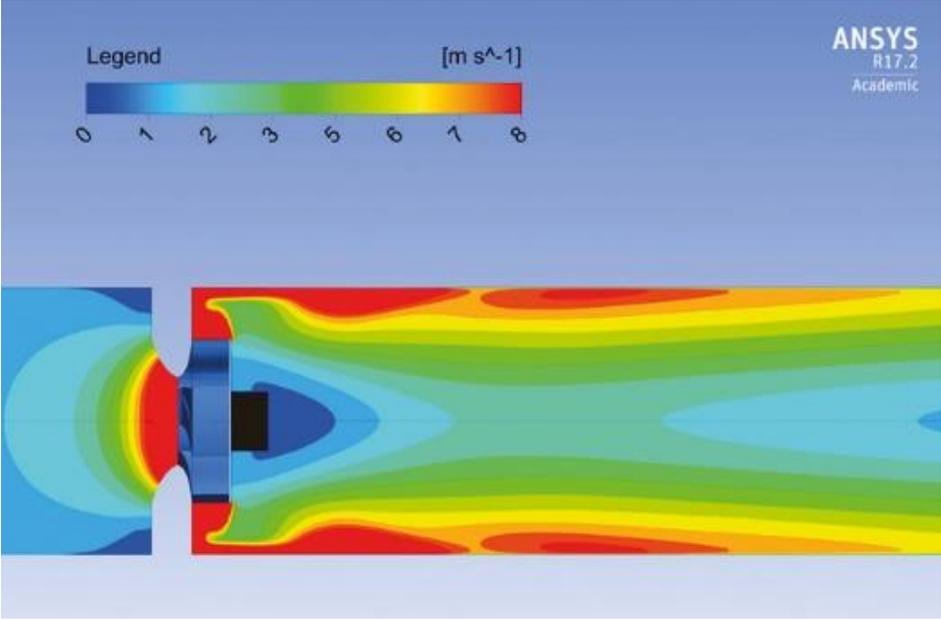


- ▲ Fan-Wall-ohne Schalldämpfer/StromTrennung
- ◆ Fan-Wall-ohne Schalldämpfer - mit StromTrennung
- × Abström-SD, Spalt umlaufend 65mm
- Abström-SD, Spalt umlaufend 45mm

Begleitende CFD Analysen.

Aufgabe war die Strömungsphänomene im Nachlauf des Ventilators zu untersuchen und die bei den Experimenten gefundenen Wirkungsgradsteigerungen der Kombination Laufrad & Abströmschalldämpfer zu validieren.

Der Abströmschalldämpfer



These:

Der Einsatz des Abströmschalldämpfers trägt zum energieeffizienten Betrieb des Ventilators in einem Klimazentralgerät bei.

Diese These konnte durch Experimente sowie durch CFD Analysen bewiesen werden!



Wirkungsgradsteigerung:

- Um ca. 2% verglichen mit der Leerkanal-Situation!
 - Bis zu 8% verglichen mit einem Standard Kulissenschalldämpfer – Setup!
-

Schalldämpfende Wirkung als weitere Funktion.

Abhängig von Länge und Spalt-Maß sind
Einfügungsdämpfungen erzielbar, die
vergleichbar mit Kulissenschalldämpfern sind.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



FRAGEN??

