

IBPsound – Software für die Akustik-Praxis

Karlheinz Bay, Peter Brandstätt, Horst Drotleff

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, Deutschland, Email: karlheinz.bay@ibp.fraunhofer.de

Einleitung

IBPSound, die neue Akustik-Softwarefamilie des Fraunhofer IBP, umfasst derzeit zwei Module für akustische Berechnungen. Das Modul compas (computation of absorbtive silencers) zur Berechnung von Schalldämpfern ist eine Umsetzung der seit längerem verfügbaren DOS-Version. Mit compal (comutation of absorbtive layers) wird ein Modul zur Berechnung z.B. des Schallabsorptionsgrades von ein- und mehrlagigen Absorbern entwickelt.

Schalldämpferrechnung mit compas

Das Rechenprogramm compas (computation of absorptive silencers) berechnet die Dämpfung von Absorptions-Schalldämpfern nach analytischen Verfahren. Es steht als erstes Modul der neuen Akustik-Softwarefamilie des IBP unter Windows zur Verfügung, die Benutzeroberfläche ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Programm berechnet nach der Theorie der Schallausbreitung in absorbierend ausgekleideten Kanälen mit überlagerter Strömung für Kanalschalldämpfer die Anteile Ausbreitungsdämpfung und Reflexionsdämpfung. Die Summe dieser beiden Anteile ergibt die Einfügungsdämpfung des Schalldämpfers, wie sie nach DIN EN ISO 7235 [1] im Prüfstand gemessen wird. Neben der Einfügungsdämpfung für Kulissenschalldämpfer können weitere Kenngrößen berechnet werden:

- Dämpfung von Kulissen- und Rohrschalldämpfern (ohne Kern) sowie allseitig ausgekleideter Kanal,
- Berücksichtigung von zweilagig geschichteten Absorbern unter Einbeziehung von Abdeckungen,
- Schalleistung L_W des Strömungsrauschens,
- Druckverlust Δp und Druckverlust-Koeffizient ζ des Schalldämpfers,
- Energiekosten aufgrund der Druckverluste.

Berechnungsverfahren

Die im Prüfstand nach DIN EN ISO 7235 gemessene Einfügungsdämpfung D_e setzt sich im Wesentlichen aus der Ausbreitungsdämpfung D_a im Spalt und der Reflexionsdämpfung D_r am Ein- und Austritt des Schalldämpfers zusammen. Die Modellierung der Ausbreitungsdämpfung wird für die am wenigsten gedämpfte Grundmode, die ebene Welle, im Spalt durchgeführt. Der Schalldämpfer ist durch seine Länge, die Spaltbreite und Absorberdicke bestimmt. Nach [2] wird die Ausbreitungsdämpfung aus der komplexen Ausbreitungskonstanten in Richtung der Kanalachse ermittelt. Die Ausbreitungskonstante wird durch die Randbedingungen des Schalldämpferaufbaus und Kenngrößen des Absorbermaterials bestimmt. Die Lösung für die

Ausbreitungskonstante, die Wechselwirkung zwischen Absorber und Kanal, wird mit vereinfachten und schnellen Algorithmen ermittelt [2]. Der Einfluss der Temperatur auf die Schallgeschwindigkeit, die Dichte des Mediums, die Absorberkonstanten sowie der Einfluss überlagerter Strömung auf die Ausbreitungsdämpfung werden in der Berechnung berücksichtigt.

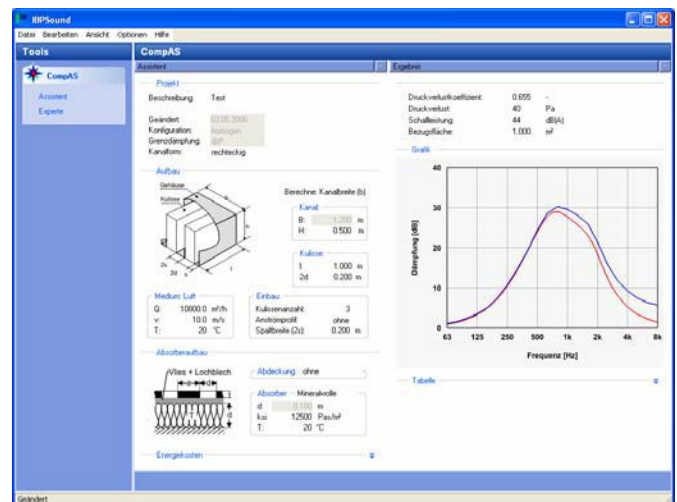


Abbildung 1: Benutzeroberfläche des Programms compas.

Im realen Prüfkanal sind bei höheren Frequenzen unvermeidlich auch höhere Moden vorhanden. Ihr Einfluss auf die Gesamtdämpfung wird mit einer empirischen Korrektur an der theoretischen Reflexionsdämpfung D_r nach [3] beschrieben.

Theoretisch nimmt die Dämpfung linear mit der Länge des Schalldämpfers zu. Dies gilt in der Praxis nur bedingt, da akustische Nebenwege die maximale Dämpfung begrenzen. Die Nebenwege werden bei Kulissenschalldämpfern durch eine empirisch korrigierte Ausbreitungsdämpfung D_a^* berücksichtigt. Die ausgegebene Einfügungsdämpfung D_e ist bei Kulissenschalldämpfern stets nach $D_e = D_{a1m} + D_a^* + D_r$ gerechnet. Ergeben sich höhere Einfügungsdämpfungen als die voreingestellte Grenddämmung (Messkanal IBP, Mauerwerk- oder Blechkanal), so werden die Werte der eingestellten Grenddämmung ausgegeben.

Bei quadratischem oder rundem Schalldämpfer wird nur der Fall ohne Einbauten betrachtet. Die ausgegebene Reflexionsdämpfung und der Druckverlust gelten für den Fall, dass der freie Querschnitt im Kanal und im Schalldämpfer gleich ist. Eine Dämpfungskorrektur wäre auch hier für längere Schalldämpfer anzubringen. Die wenigen vorhandenen Messwerte lassen jedoch eine statistische Auswertung nicht zu. Es ist deshalb zu beachten, dass im Bereich des Dämpfungsmaximums die ausgegebenen Werte in der Regel nicht erreicht werden. Die ausgegebene Einfügungs-

dämpfung D_e ist bei diesen Schalldämpfern lediglich durch die Grenzdämpfung des Rohrschalldämpfer-Prüfstandes des IBP begrenzt.

Alle Nebenwege erhöhen den Pegel im Kanal nach dem Schalldämpfer und erwecken so den Eindruck einer reduzierten Dämpfung des Schalldämpfers. Zur Minderung dieser Effekte sind spezielle Maßnahmen notwendig, wie die Erhöhung der Schalldämmung der Kanäle und der Körperschallentkopplung von Kanal- und Kulissensegmenten. Für den Einsatz von Kulissenschalldämpfern in üblichen Blechkanälen, mit Wandstärken bis zu 2 mm und ohne diese speziellen Maßnahmen, gibt daher z.B. VDI 2081 [4] die Empfehlung, die maximal erreichbare Dämpfung auf 40 bis 50 dB zu begrenzen.

Das Strömungsgeräusch des Kulissenschalldämpfers ist nach VDI 2081 gerechnet, beim quadratischen und runden Schalldämpfer ist die Schallleistung der Rohrströmung nach VDI 3733 [5] angesetzt. Die Temperaturabhängigkeit ist ähnlich VDI 3733 berücksichtigt. Bei den Oktav-Schallleistungspegeln ist eine Streubreite von etwa 5 dB zu beachten.

Der angegebene Druckverlustkoeffizient ζ wird nach empirischen Formeln in [6] abgeschätzt und bezieht sich beim Kulissenschalldämpfer auf die Strömungsgeschwindigkeit im Spalt. Die in [6] angegebenen Formeln gelten besonders bei 200 mm dicken Kulissen im Bereich des Ausstellungsverhältnisses von $\Lambda = d/s = 0.5 \dots 4$, liefern aber auch für 100 mm und 400 mm dicke Kulissen noch eine brauchbare Abschätzung.

Eine Abschätzung der Energiekosten (Strömungsverluste im Schalldämpfer) erfolgt nach [7] über die zur Überwindung der Druckdifferenz am Schalldämpfer erforderliche elektrische Leistung und dem damit verbundenen zusätzlichen Energieverbrauch der Strömungsmaschine, in Abhängigkeit vom Energiepreis und der Betriebsdauer.

Absorberrechnung mit compal

Mit compal (computation of absorptive layers) wird ein weiteres Modul zur Berechnung von Absorbern entwickelt. Für geschichtete Absorber können bei senkrechtem Schalleinfall folgende Kenngrößen berechnet werden:

- Eingangsimpedanz des Absorbers,
- Absorptionsgrad und Reflexionsfaktor.

Die Benutzeroberfläche des Programms ist in Abbildung 2 dargestellt. Über ein Auswahlmenü wird der Aufbau des geschichteten Absorbers aus einzelnen Elementen z.B. einer Luftschicht vor schallharter Wand, einem porösen Absorber und einer Folie zusammengesetzt. Anschließend wird die Eingangsimpedanz des geschichteten Absorbers nach [8, 9] berechnet und daraus z.B. der Absorptionsgrad ermittelt. Die berechneten Daten können sowohl graphisch als auch tabellarisch dargestellt und über die Zwischenablage in andere Programme zur Weiterbearbeitung kopiert werden. Weiterhin ist der Datenimport von Messungen im Impedanzrohr für Vergleiche mit Berechnungen möglich.

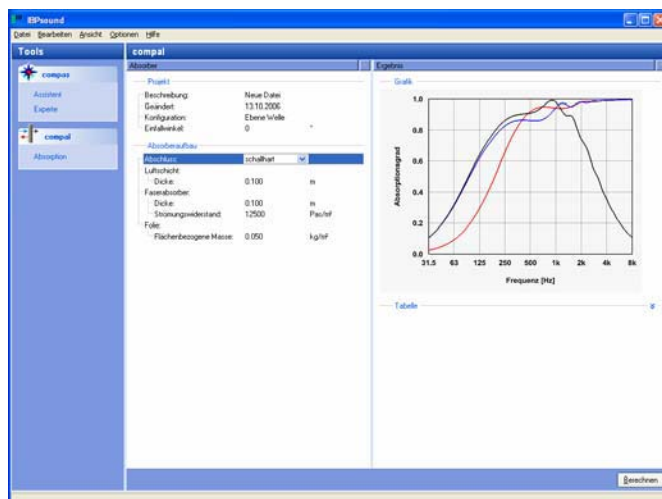


Abbildung 2: Benutzeroberfläche des Programms compal.

Ausblick

Mit den Modulen der Software-Familie IBPsound sollen dem Anwender in der Akustik-Praxis handhabbare Werkzeuge zur Verfügung gestellt werden, um einfache Abschätzungen durchführen zu können. Die vorgestellten Module sollen um weitere Absorbermodelle ergänzt und in Verbindung mit neuen Modulen, wie z.B. Absorberberechnung und Nachhallzeit, erweitert werden.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 7235 "Akustik - Labormessungen an Schalldämpfern in Kanälen - Einfügungsdämpfung, Strömungsgeräusch und Gesamtdruckverlust". Berlin: Beuth 2004-02.
- [2] Frommhold, W.; Mechel, F.P.: Simplified methods to calculate the attenuation of silencers. Journal of Sound and Vibration 141 (1990) 1, 103-125.
- [3] Frommhold, W.; Brandstätt, P.; Müller, H.: Analytische Verfahren zur Berechnung von Absorptions-Schalldämpfern. VDI-Berichte Nr. 938 (1992), 211-220.
- [4] VDI - Richtlinie 2081 "Geräuscherzeugung und Lärm-minderung in Raumlufotechnischen Anlagen". Berlin: Beuth 2001-07.
- [5] VDI - Richtlinie 3733 "Geräusche bei Rohrleitungen". Berlin: Beuth 1996-07.
- [6] Ackermann, U.: Messungen an Schalldämpfern in Kanälen. Bauphysik 13 (1991) 3, 77-81.
- [7] Fuchs, H.V.; Ackermann, U.: Energiekosten der Schalldämpfer in lufttechnischen Anlagen. Zeitschrift für Lärmbekämpfung ZfL 39 (1992) 1, 10-19.
- [8] Mechel, F. P.: Schallabsorber, Bd. 1, Äußere Schallfelder, Wechselwirkungen. Stuttgart: Hirzel, 1989.
- [9] Mechel, F. P.: Schallabsorber, Bd. 2, Innere Schallfelder, Strukturen. Stuttgart: Hirzel, 1995.