



F. Zickmantel

### Wirkungsweise und ökonomisches Verhalten des Ruhemoduls im Bürobereich

#### 1 Das Ruhemodul

Das Ruhemodul ([Bild 1](#)) basiert auf einem ausgeklügelten Multilayer- Absorptionssystem, welches es ermöglicht, durch exakte Impedanzvariationen den frequenzabhängigen Absorptionsgrad auf die entsprechende Nutzungsanforderung anzupassen. Es wurde entwickelt um den gestiegenen Anforderungen im Büro- [1,2], Industrie- und Studiobereich zu entgegenen. Hierfür wurden aufwendige Materialstrukturstudien und Forschungsanalysen durchgeführt. Dabei wurde das Modul auf höchste ökonomische Nutzung und demnach auf die Maximierung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche ausgelegt.



Bild 1: Ruhemodul Office in Glas-Akustikschallschirme integriert.

#### 2 Ruhemodul Office



Bild 2: Ruhemodul Office als Deckenmodul.

Das neuentwickelte Ruhemodul Office ([Bild 2](#)) der SilenceSolutions GmbH wurde speziell auf das menschliche Sprachspektrum abgestimmt. Gemäß neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen, wird die größte Lärmentwicklung durch Kommunikation im Frequenzbereich zwischen 200-600 Hz erzeugt. Diese Erkenntnisse können aus der Korrelationsfunktion zwischen menschlichem Sprachspektrum und den Normalkurven gleicher Lautstärkepegel [3] abgeleitet werden. Es wird berücksichtigt, dass ein durchschnittlicher Sprachpegel von 62 dB(A) mit einer ISO-Phone von 60 Phon empfunden wird. [Bild 3](#) stellt die daraus

resultierende Wahrnehmung des männlichen und weiblichen Frequenzspektrums dar. Im Frequenzbereich zwischen 200-600 Hz werden Sprachpegel demnach um 10 und mehr dB lauter empfunden, als im übrigen Wahrnehmungsspektrum. Dabei wirkt sich eine Lautstärkepegelerhöhung von 10 dB bzw. Phon als Verdopplung der Lautheitsempfindung gemäß [Bild 4](#) aus. Da gemäß der Pegeladdition einzelne Schalldruckpegel, welche 10 und mehr dB unterhalb des maximal erzeugten Schalldruckpegels auftreten keine maßgeblichen Erhöhungen des Gesamtpegels verursachen, ist die Lautheitsempfindung zunächst hauptsächlich durch den Fre-

Wahrnehmung des menschlichen Sprachspektrums  
in Abhängigkeit der ISO-Phone von 60 phon

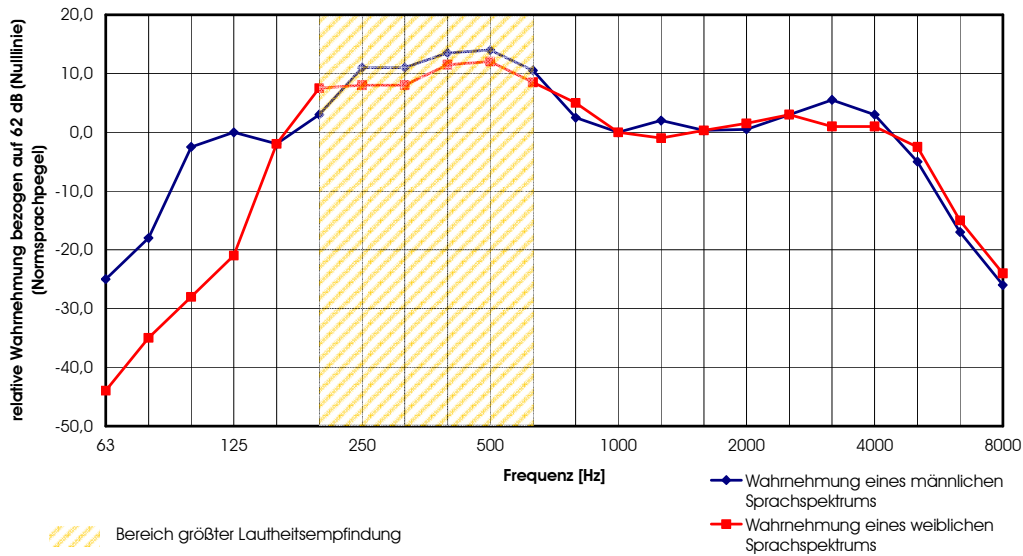


Bild 3: Wahrnehmung des menschlichen Sprachspektrums.

quenzbereich zwischen 200 und 600 Hz bestimmt. Ein einfaches Rechenbeispiel verdeutlicht diesen Zusammenhang.

Es sollen die Oktavpegel von 63 Hz bis 8 kHz zu einem Gesamtpegel addiert werden. Der Schallpegel bei 250 Hz wird zu 72 dB angenommen. Alle anderen Oktavbänder sollen einen Schallpegel von 62 dB aufweisen. Der Gesamtpegel  $L_{ges}$  gemäß [4] ergibt sich daher zu:

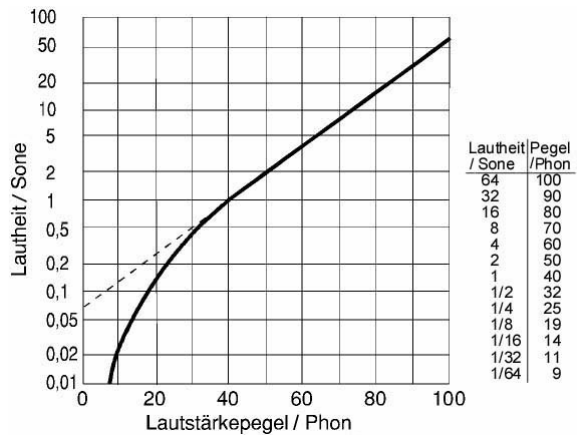


Bild 4: Vergleich des Lautstärkepegels in [phon] (entsprechend dB bei einer Frequenz von 1 kHz) zur Lautheitsempfindung.

$$L_{ges} = 10 \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (1)$$

Dabei ist  $L_i$  als der entsprechende Einzelpegel der Oktavbänder definiert. Die Variable  $n$  in Formel (1) gibt die Anzahl der Einzelpegel wieder. Im konkreten Fall der acht Oktavbänder ergibt sich demnach folgende Berechnungsformel:

$$L_{ges} = 10 \cdot \log \left( 10^{\frac{L_{63Hz}}{10}} + 10^{\frac{L_{125Hz}}{10}} + 10^{\frac{L_{250Hz}}{10}} + 10^{\frac{L_{500Hz}}{10}} + 10^{\frac{L_{1kHz}}{10}} + 10^{\frac{L_{2kHz}}{10}} + 10^{\frac{L_{4kHz}}{10}} + 10^{\frac{L_{8kHz}}{10}} \right) \quad (2)$$

Des Weiteren werden nun alle Oktavpegel mit einem Schallpegel von 62 dB in Formel (2) eingesetzt. Lediglich für den Oktavwert bei 250 Hz wird der um 10 dB höhere Schalldruckpegel von 72 dB verwendet. Die Formel mit eingesetzten Schallpegeln stellt sich somit wie folgt dar:

$$L_{ges} = 10 \cdot \log \left( 10^{\frac{62dB}{10}} + 10^{\frac{62dB}{10}} + 10^{\frac{72dB}{10}} + 10^{\frac{62dB}{10}} + 10^{\frac{62dB}{10}} + 10^{\frac{62dB}{10}} + 10^{\frac{62dB}{10}} + 10^{\frac{62dB}{10}} + 10^{\frac{62dB}{10}} \right) \quad (3)$$

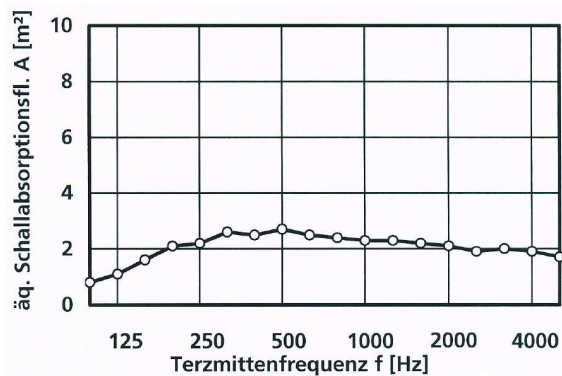


Bild 5: Äquivalente Schallabsorptionsfläche des Ruhemoduls Office bei einer Moduloberfläche von 1,5 m<sup>2</sup>.

Der daraus resultierende Gesamtpegel  $L_{ges}$  ergibt sich bei diesem Beispiel zu 74,3 dB. Der maßgeblich bestimmende Schalldruckpegel bei 250 Hz mit 72 dB wurde also nur um 2,7 dB durch sieben weitere Additionspegel mit Einzelwerten von 62 dB erhöht. Nimmt man einen Einzel-Schalldruckpegel bei 250 Hz von 75 dB an, also einen um 13 dB höheren Schallpegel gegenüber den weiteren Einzelwerten, so wird der resultierende Summenpegel mit 76,3 dB ermittelt – demnach nur 1,3 dB über dem Maximalpegel bei 250 Hz. Es wird deutlich, dass eine Optimierung der Schallabsorption zunächst dem Frequenzbereich zuordnet werden muss, welcher den Gesamtpegel maßgeblich beeinflusst. Das Ruhemodul Office weist daher diese frequenzabhängige Betonung bei einem modulbezogenem Wirkungsgrad von bis zu 180 % auf. Am Beispiel eines Decken-Ruhemoduls kann man daraus ableiten, dass bei einer belegten Deckenfläche von 1,5 m<sup>2</sup>, welche ein Deckenmodul mit den Abmaßen 1,5 m x 1 m aufweist, eine äquivalente Schallabsorptionsfläche von bis zu 2,7 m<sup>2</sup> erreicht wird. Bild 5 stellt diese frequenzabhängige Fläche dar, welche im Hallraum des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik ermittelt wurde.

### 3 Stand der Technik



Bild 6: Versuchsanordnung zur Bestimmung des Schallabsorptionsgrades im bedämpften Hallraum des Fraunhofer IBP.

Um die vorteilhafte Wirkungsweise des Ruhemoduls zu belegen wurden Messungen am Fraunhofer IBP durchgeführt. Nach dem in Bild 2 dargestellten Versuchsaufbau wurden bereits eine Vielzahl von Schallabsorbern verifiziert. Im Vergleich wurde ein Hochleistungsabsorber nach dem Prinzip eines Plattenschwingers in Kombination mit einer porösen Deckschicht, gemäß dem aktuellen Stand der Technik verglichen. Die Modulgrößen, Messpositionen und Hallraumkonditionen waren dabei identisch.

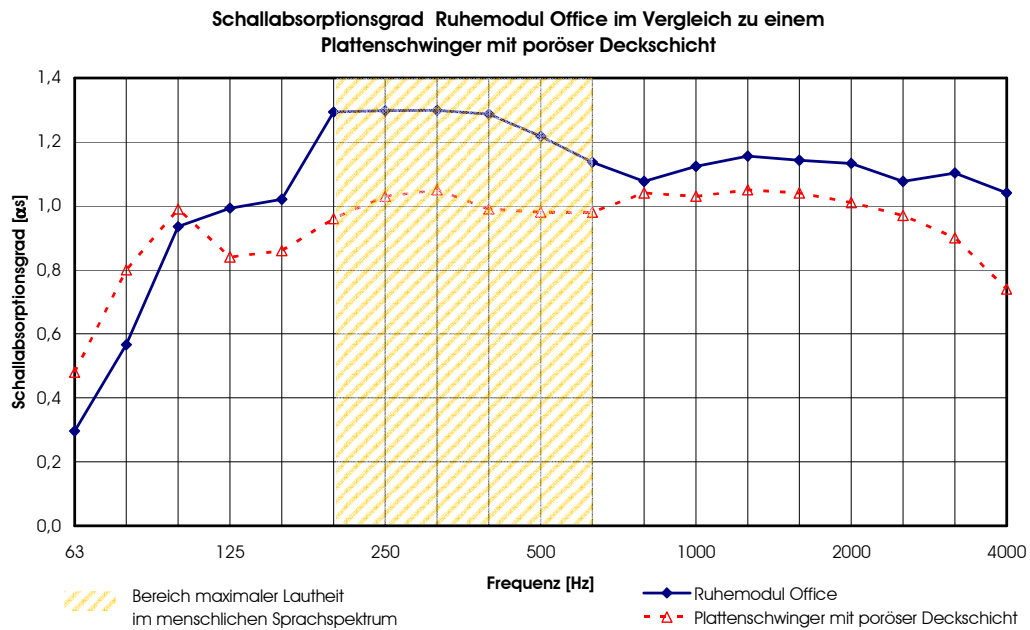


Bild 7: Schallabsorptionsgrad des Ruhemodul Office im Vergleich zu einem Hochleistungsabsorber.

Wie Bild 7 aufzeigt, wurde der Schallabsorptionsgrad des Ruhemoduls im relevanten Sprachbereich um 20 bis zu 30 % gegenüber dem Hochleistungsabsorber überschritten. Es ist deutlich erkennbar, dass der Frequenzbereich zwischen 200 bis 600 Hz mittels der Impedanzanpassung des Ruhemoduls optimiert wurde und demnach eine, dem Sprach-Wahrnehmungsspektrum (Bild 3) entsprechend optimale Dämpfung ermöglicht wird.

Durch die Akustikschmie.de, der Forschungsabteilung der SilenceSolutions GmbH, konnten mit der Entwicklung des Ruhemodul Office für den Bürobereich praxisrelevante und ökonomische Vorteile für Nutzer und Investor erzielt werden. Nutzerseitig ergeben die dem Wahrnehmungsspektrum angepassten Absorptionswerte eine optimale Beruhigung der Arbeitsbereiche. Die Investoren können zudem ca. 20-30 % an Schallabsorbermodulen einsparen. Die führt zu geringen Investitionssummen bei der Neu- oder Restrukturierung von Immobilien, sowie der Reduzierung des Montageaufwandes.

#### 4 Literatur:

- [1] DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen. (2004)
- [2] VDI 2058-3: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten. (1999)
- [3] DIN ISO 226: Normalkurven gleicher Lautstärkepegel. (2006)
- [4] Müller G, Möser M: Taschenbuch der Technischen Akustik. Springer- Verlag Berlin Heidelberg (2004)