

Entwicklung und Erprobung eines dünn-schichtigen, strukturelastischen, transluzenten und hochabsorbierenden Gewebes für flexible Akustikapplikationen

Ines Brabandt¹, Tino Hartmann¹, Norbert Rümmler¹, Jonathan Seifert¹

¹ AMITRONICS Angewandte Mikromechatronik GmbH, 82229 Seefeld, E-Mail: info@amitronics.de

Einleitung

In modernen Bürolandschaften mangelt es häufig an akustischem Raumklima, Unterbrechung von Direktschall, Tageslicht und Transparenz. Die Nachfrage von biegeweichen Materialien, die Eigenschaften wie:

- Transparenz,
- raumsparende Falt- und Aufrollbarkeit,
- Bedruckbarkeit und
- Drapierbarkeit

aufweisen und sich an die heutigen akustischen Herausforderungen in modernen Gebäuden und schallharten Büroräumen anpassen, ist ungebrochen hoch. Die Integration, akustisch hochwirksamer transparenter Systeme, ohne aufwändige bauliche Maßnahmen steht dabei im Vordergrund.

Angesichts dieser Situation erfolgte im Rahmen des Förderprojektes *Akustiktextilien* (ZIM), die Entwicklung eines hochabsorbierenden, transluzenten und strukturelastischen Flächengewebes, dessen Wirkprinzip denen mikrogeschlitzter Absorber aus metallischen Werkstoffen entspricht. Durch die angestrebte multifunktionelle Akustiksystemlösung werden Raumeigenschaften effizienter und nachhaltiger beeinflusst. Neben verbesserten Schallabsorptionsgraden tragen auch visuelle, taktile, haptische sowie bauphysikalische (Temperaturstabilisierung, Luftströmung) Funktionsmerkmale des Flächengewebes dazu bei, die Erwartungsprofile von Benutzergruppen zu bedienen. Zur zielgerechten Auslegung und Optimierung der Funktionsparameter der Mikroschlitzstrukturen bediente man sich der mathematischen Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen den psychoakustischen funktionsrelevanten Schallfeldparametern und den beeinflussbaren Konstruktionsparametern der textilen Flächengebilde.

Funktionsweise

Aufgrund des Anspruchs der Lichtdurchlässigkeit bzw. Lichtdurchsichtigkeit waren Wirkprinzipien klassischer poröser Schallabsorber wie der längenbezogene Strömungswiderstand, die Volumenporosität, der Strukturfaktor und die Dichte nicht Gegenstand der Untersuchungen. Die im Forschungsprojekt entwickelten hochabsorbierenden, transluzenten und strukturelastischen Flächengewebe beruhen auf dem Resonatorprinzip. Dieses Absorptionsprinzip ist sehr ähnlich dem des Helmholtz'schen Resonanzabsorbers. Dabei beinhalten diese flächigen Gebilde tausende Mikroschlitzte, die aufgrund ihrer „relativ dicken, aneinander liegenden Längskomponenten und den relativ dünnen in Querrichtung verlaufenden Komponenten“ kleine Feder-Masse-

Systeme bilden, die infolge von viskoser Reibung (bestimmt durch die dynamische Viskosität der Luft) sehr hohe Dämpfungen aufweisen und in der Lage sind, einen Teil der einfallenden Schallenergie durch Reibung an den Schlitzwänden in Wärmeenergie umzuwandeln [1] [2].

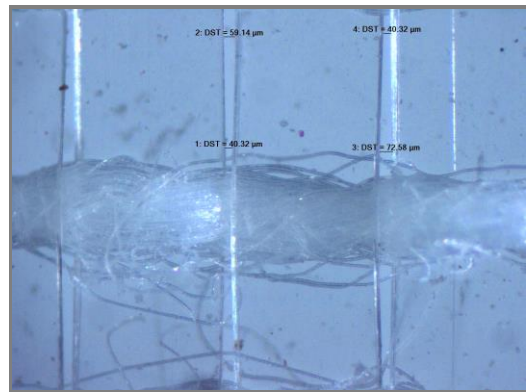


Abbildung 1: Flächengewebe - Stereomikroskopisches Bild zeigt räumliche Struktur des Gewebes mit Hoch-Tief-Effekt

Dieses Wirkprinzip ist allerdings nur funktionsfähig sofern das Flächengewebe mit einem Abstand zu reflektierenden Flächen angebracht wird. Im Laufe des Projektes lag das Hauptaugenmerk auf der Auslegung und Optimierung der Schlitzbreiten, -längen und den Schlitzabständen.

Prinzipbestimmung/Simulation

In Vorbereitung zur Bestimmung der physikalischen Wirkprinzipien wurden wiederholt Prüfzyklen mit angepassten Flächengebilden zur Gewinnung von Datensätzen durchgeführt. Hierfür wurde ein Modell in Excel erstellt, das unter Variation der einzelnen Eingangsgrößen/Gewebegrößen (Schussfäden - mittlere Teilung und projizierte Breite; Kettfäden - mittlere Teilung und projizierte Breite) die akustisch relevanten Teilflächen, flächenmäßigen Prozentanteile und Mikroschlitz je m² errechnete. Im Simulationsmodell (Abbildung 2) zeigten die ersten Vorversuche durch Variationen der Schlitzgeometrien und der Aufbau eines 2-Lagen-Systems veränderte Druckverteilungen im Bereich der Schlitzöffnungen sowie verbesserte Schallabsorptionsgrade. Aus den simulierten Schlitzvarianten und 2-Lagen-Kombinationen wurden 2 Vorzugsvarianten ausgewählt, die anschließend hergestellt und experimentell vermessen wurden. Die Vergleiche zwischen den experimentellen Ergebnissen und den Ergebnissen aus der Simulation zeigten hohe Übereinstimmungen. Im Allgemeinen waren Trends der Absorptionsverläufe, -einbrüche oder -erhöhungen eindeutig erkennbar.

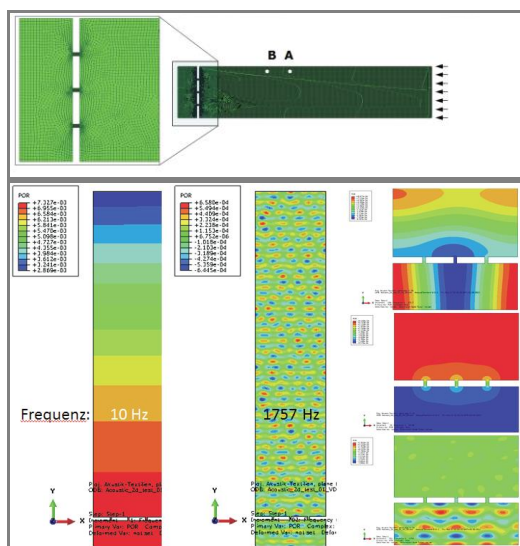


Abbildung 2: Simulationsmodell Bändchengewebe – Druckverteilungen im Bereich der Schlitzöffnungen

Skalierbarkeit und Materialdopplung

Untersucht wurden realisierbare Verstell-, Verspann- und Skalierungsmöglichkeiten der transparenten Flächengewebe und deren akustische Wirksamkeit. Hierfür wurde zunächst das Verhalten der Akustiktextilien unter Zugbelastung getestet, um den Bereich zwischen elastischer und plastischer Verformung und die Materialfestigkeit in Kett- und in Schussrichtung zu ermitteln. Aufbauend auf den gewonnenen Ergebnissen wurden die Spaltöffnungen in Schussrichtung in Abhängigkeit der Kraft, deren Verhalten vor und nach einem Zugversuch sowie deren Schallabsorptionsvermögen im gedehnten Zustand untersucht.

Um Aussagen über das Dehnverhalten der Struktur zu erlangen, wurden Mikro-Zugversuche (Abbildung 3) bei konstanter Temperatur und einachsiger Belastung durchgeführt. Hierfür wurden die Versuchsproben in zwei Probenhalter eingespannt und in +x-Richtung mit konstanter Zuggeschwindigkeit gedehnt. Der Zugvorgang konnte über ein Mikroskop mit einer CCD-Kamera beobachtet werden.

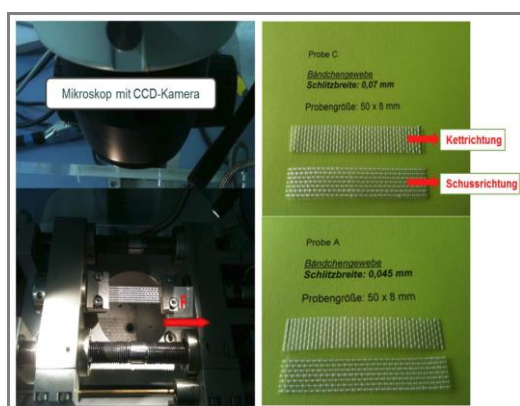


Abbildung 3: links – Aufbau Mikrozugversuch (Zugmodul + Mikroskop mit CCD-Kamera), rechts – Versuchsproben

Die Kamera zeichnete ferngesteuert während der Prüfung Bildsequenzen (2 Bilder/s) auf, die anschließend über die Software uniDAC mittels Grauwertkorrelation ausgewertet

wurden und Angaben zu den Öffnungsgraden der Proben-schlitzte gemäß der anliegenden Kräfte lieferten. Je nach gewählter Vergrößerung waren Aussagen über das globale Dehnungsverhalten sowie Aussagen über Spaltöffnungen durch das punktuelle Verhalten möglich. Des Weiteren wurden Untersuchungen an Versuchsproben mit Materialdopplungen und -faltungen durchgeführt. Diese Untersuchungen erfolgten zum einen bei Direktschall (Kundt'sches Rohr) und zum anderen bei Diffusschall (Hallraum). Es konnte festgestellt werden, dass sowohl eine Materialfaltung, als auch eine Lagendopplung eine signifikante Erhöhung sowie eine Linearisierung des Schallabsorptionsgrades bewirkt, Abbildung 4.

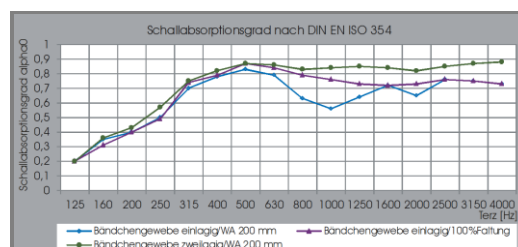


Abbildung 4: Schallabsorptionsgrad nach DIN EN ISO 354:2003-12: Einfluss der Lagenanzahl und -faltung (WA-Bodenabstand)

Ergebnis

Durch die Anpassung und Weiterentwicklung präziser Messverfahren, die Anwendung von Methoden der statistischen Versuchsplanung sowie die Einbeziehung mathematischer Korrelationsverfahren und numerischer Simulationen bei der Auswertung der notwendigen experimentellen Untersuchungen konnten die bestehenden funktionellen Wechselwirkungen zwischen den funktionsrelevanten Schallfeldparametern und den textilen Konstruktionsparametern schrittweise entkoppelt werden.

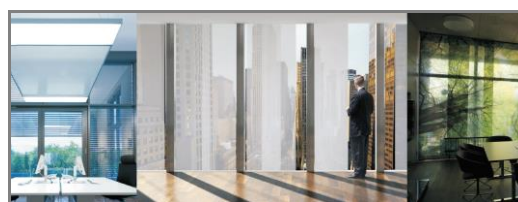


Abbildung 5: Entwickeltes Akustikgewebe im Einsatz, aufgrund der Transparenz leicht und diskret [3]

Die im Laufe des Forschungsprojektes entwickelten strukturelastischen, transluzenten und hochabsorbierenden Akustikgewebe sind bereits erfolgreich im Einsatz, Abbildung 5.

Literatur

- [1] Baunetz Wissen: „Das Online-Fachlexikon/ Akustik,“ URL:http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Akustik_Absorberarten_147703.html
- [2] Mäder M., Europäische Patentanmeldung EP 2 256 722 A1: „Schalldämpfendes bzw. -absorbierendes Material“, 01.12.2010
- [3] Akustik & Innovation GmbH, URL: <http://www.akustik-innovation.com>