

Verfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen

Ch. König, Prof. Dr.-Ing. D.H. Müller

Bremer Institut für Konstruktionstechnik, Universität Bremen, 28359 Bremen, Deutschland, Email: chkoenig@uni-bremen.de

Einleitung

Die zunehmenden Anforderungen an das Gewicht von Automobil-Innenteilen, sowie Umweltverträglichkeit und Recyclingfähigkeit der eingesetzten Werkstoffe, erfordern innovative Lösungsansätze bei der Bauteilgestaltung. Unter diesen Gesichtspunkten wächst das Bestreben Glasfasern durch Naturfasern zu substituieren. Naturfasern (Abb. 1) bieten im Verbund mit polymeren Matrices durch Aufbau, Verarbeitung und Anordnung verschiedener Einzelschichten (Layer) erhebliche Kombinationsmöglichkeiten bei der Bauteilgestaltung. Durch Kombination verschiedener Layer besteht die Möglichkeit, die akustischen Eigenschaften des Endproduktes zu modifizieren.

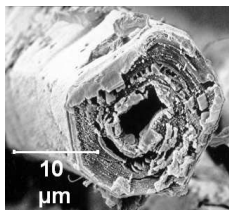


Abbildung 1: Querschnitt einer Flachsfaser - wie die meisten Naturfasern ist die Flachsfaser innen hohl (**Lumen**) [1]

Die akustischen Eigenschaften einer Einzelschicht hängen, neben seiner Dicke, von weiteren Materialkennwerten ab. Einzige die Dicke ist dabei im Herstellungsprozess direkt zu messen und zu beeinflussen. Die akustischen Eigenschaften von Automobil-Innenteilen werden daher häufig nachträglich im ‚trial-and-error‘ Verfahren verändert.

Vlies

Nachdem lose Fasern in einer Krempel gemischt und parallelisiert werden, werden sie mechanisch zu Faservliesen geordnet. Es wurden bei den Vliese die Naturfaser (Mischungsverhältnis dabei jeweils 50% PP und 50% Naturfasern) und das Mischungsverhältnis von PP und Naturfasern (30% PP/70% NF bis 70% PP /30% NF) variiert. Der Absorptionskoeffizient wird erwartungsgemäß bei feinerer Naturfaser (Abb.2) und mit steigendem PP Anteil größer (Abb.3). Anschließend wurde das jeweilige Vlies der Vernadelung zu einem mehrschichtigen Faserfilz zugeführt. Hierbei zeigte sich, daß mit steigender Vernadelungsdichte der Absorptionskoeffizient sinkt.

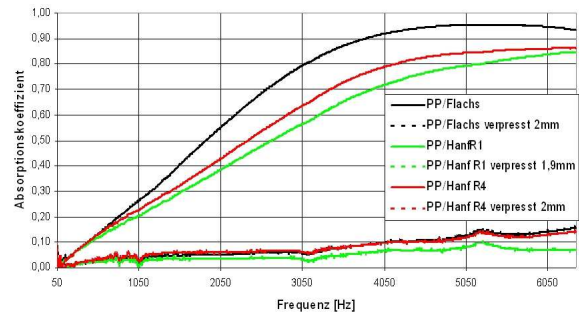


Abbildung 2: Absorptionskoeffizienten in Abhängigkeit von der Naturfaser

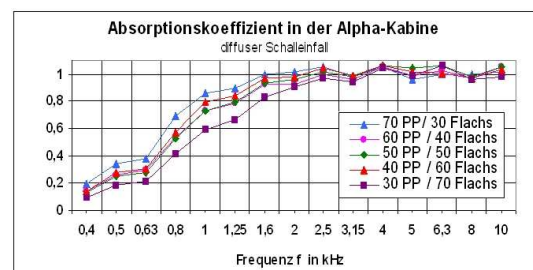


Abbildung 3: Absorptionskoeffizienten in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis von Polypropylen zur Naturfaser (Flachsfaser)

Verbund

Die Verbundwerkstoffe bzw. Formteile wurden in zwei Presszyklen hergestellt. In einem ersten Heizzyklus wurde die Matrix zum Aufschmelzen gebracht, ohne die Naturfasern zu beschädigen. Anschließend erfolgte der eigentliche Pressvorgang im kalten Werkzeug, um die Form und Steifigkeit des Bauteils zu gewährleisten. Der Einfluss der Anteile von NF und thermoplastischer PP-Faser in einer verpressten Platte ist in Abb.4 dargestellt. Daraus zeigt sich, dass ein kleiner Anteil von thermoplastischem Material (30% PP) einen besseren Absorptionskoeffizienten aufweist als höhere PP-Anteile. Die mechanischen Eigenschaften der PP-NF-Verbunde sind am höchsten in dem Mischungsverhältnisbereich von 40% PP/60% NF bis zu 60% PP/40% NF. Bei höheren PP-Anteilen ist offensichtlich der Verstärkungseffekt nicht ausreichend, bei höheren Flachsanteilen ist die Haftung zwischen den Flachsfasern mit dem Matrixmaterial nicht ausreichend.

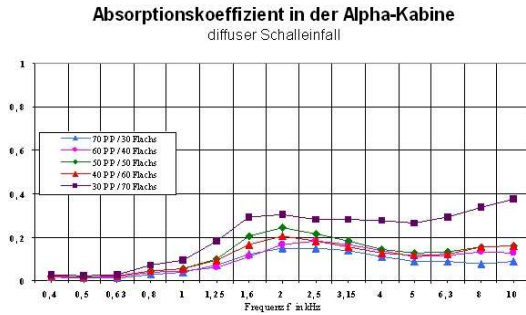


Abbildung 4: Absorptionskoeffizienten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Mischungsverhältnissen im Verbund

Berechnung des Absorptionskoeffizienten nach Delany und Bazely

Faserartige Materialien absorbieren die Schallenergie, indem sie die Schwingung der Luftteilchen durch Reibung bremsen. Ein poröser Absorber kann die Luftteilchen am effektivsten bremsen, wenn diese eine hohe Schallschnelle aufweisen. Die wichtigste Kenngröße dabei ist der Strömungswiderstand. Es existieren mehrere Modelle um das Absorptionsverhalten $\alpha(f)$ von porösen Absorbieren zu bestimmen. Das Modell von Delany und Bazley berechnet $\alpha(f)$ mithilfe dem Strömungswiderstand σ und der Dicke der Absorbers d [2].

$$\alpha(f) = 1 - \left| \frac{-i \cdot Z_c \cdot \arctan(k_c(f) \cdot d) - Z_0}{-i \cdot Z_c \cdot \arctan(k_c(f) \cdot d) + Z_0} \right|^2 \quad (1)$$

Der Strömungswiderstand wurde aus Faserlänge, Faser-

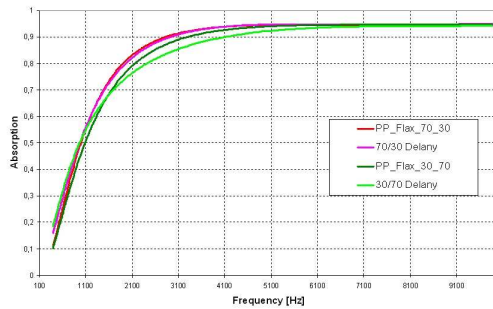


Abbildung 5: Klassische Berechnung des Absorptionskoeffizienten von Naturfaservliesen nach Delany und Bazley, Gl. (1)

breite und Mischungsverhältnis mithilfe des Programmes GEODICT [3] berechnet. Abb. 5 zeigt die berechneten und die gemessenen Absorptionskoeffizienten.

Berechnung neuronales Netz

Aus den Eigangsgrößen Faserart, Vernadelung, Verdichtung und Frequenz kann mithilfe eines neuronalen Netzes der Absorptionskoeffizient berechnet werden.

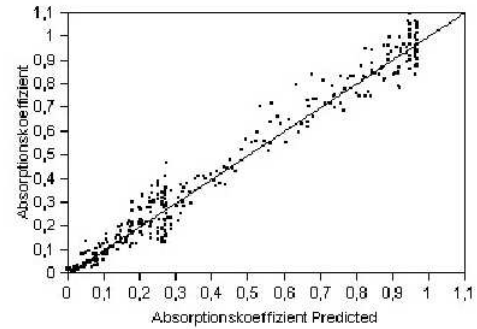


Abbildung 6: Gemessener vs. berechneter Absorptionskoeffizient: Neuronales Netz mit 3 Knoten

Abb. 6 zeigt den gemessenen über dem erwarteten Absorptionskoeffizienten bei einem Netz bestehend aus 3 versteckten Knoten. Abb. 7 zeigt das ergebnis für 25 Knoten.

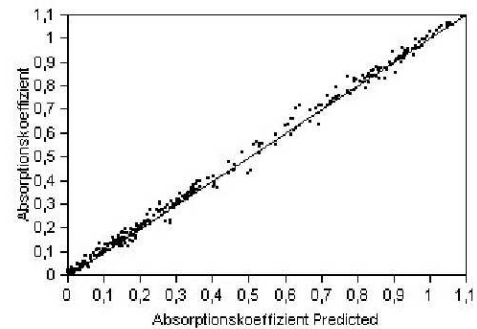


Abbildung 7: Gemessener vs. berechneter Absorptionskoeffizient: Neuronales Netz mit 25 Knoten

Deutlich zu erkennen ist die Verbesserung in der Vorhersagbarkeit des Absorptionsverhaltens. Allerdings nimmt der Rechenaufwand auch von 5 Minuten auf 420 Minuten zu.

Literatur

- [1] König, C.R., Müller, D.H.: Acoustical properties of reinforced composite materials basing on natural fibers, IMAC XXV, Orlando, Florida, (2007)
- [2] Delany, M.A., Bazley, E.N.: Acoustic properties of fibrous absorbent materials, Appl. Acoust. 3, 105-116 (1970).
- [3] Wiegmann, A.: Geodict – ein interaktiver Struktur-generator und Struktursimulator, Industrieworkshop, Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (2003).