

Dämpfungsverhalten von Polyamid-6-Elastomercompounds

Mario Wühl¹, Matthias Klärner¹, Lothar Kroll¹

¹ Technische Universität Chemnitz, 09126 Chemnitz, E-Mail: mario.wuehl@mb.tu-chemnitz.de

Einleitung

Mit einer jährlichen Gesamtproduktion von knapp 4700 Tonnen in Europa stellen Reifen einen entscheidenden Teil der gesamten Kunststoffindustrie dar. Aufgrund eines sehr kurzen Produktlebenszyklus liegt in der Weiterverarbeitung von Altreifen eine große Herausforderung für die Kunststoffindustrie. Eine Möglichkeit der Wiederverwertung ist das Feinvermahlen. Das daraus gewonnene Mehl kommt bereits als Additiv für Sportplatz- und Straßenbeläge zum Einsatz. In diesen Anwendungsgebieten liegt das Elastomerzyklat als unvernetzter Werkstoff vor.

In den hier dargelegten Forschungen wurde der gemahlene Gummiwerkstoff mit einem Polyamid 6 (PA6) compounding und zu Probekörpern mittels Spritzguss verarbeitet. Im Folgenden wurden sowohl statische als auch dynamische Kennwerte des Materials ermittelt. Zudem wurde das Compound als Kernwerkstoff eines Sandwichwerkstoffes verwendet um mit einem auf Dämpfung optimierten Kern den Konflikt zwischen Schubdämpfung und Biegesteifigkeit bei hybriden Metall-Kunststoff-Verbunden zu lösen.

Motivation

Kommerziell erhältliche hybride Metall-Kunststoff-Verbunde lassen sich in zwei unterschiedliche Gruppen einteilen. Bei der ersten Gruppe lässt sich ein Verhältnis von Kern- zu Deckschichtdicke über 1 feststellen. Diese Werkstoffe bieten gute Leichtbaueigenschaften durch eine hohe Biegesteifigkeit, jedoch bei geringer Schubdämpfung. Die andere Gruppe ist charakterisiert durch gute vibroakustische Eigenschaften aufgrund einer hohen Dämpfung durch Schubverformungen im Kern [1, 2]. Das Leichtbaupotential dieser Werkstoffe ist aufgrund der geringen Biegesteifigkeit durch die weichen und sehr dünnen Kerne (Bondal: 25-50 μm [3]) jedoch eingeschränkt. Ziel des Projektes ist es durch einen auf Dämpfung optimierten Kernwerkstoff einen Verbund der ersten Gruppe mit guten Körperschalldämpfenden Eigenschaften zu entwickeln.

Herstellung und Untersuchung elastomergefüllter Thermoplaste

Um eine validierte Aussage über den Einfluss des Elastomers auf das PA6 treffen zu können, wurde der Thermoplast mit vier unterschiedlichen Füllgraden an Elastomer compounding. Außerdem kamen zwei unterschiedliche Arten von Rezyklat zum Einsatz, ein warmgemahlene sowie ein kaltgemahlene Rezyklat. Der Unterschied dieser beiden Additive besteht im Wesentlichen in deren Korngröße und Partikelform. Während das warmgemahlene eine mittlere Korngröße von 0,2 mm aufweist, liegt die Korngröße beim kaltgemahlene Rezyklat bei 0,4 mm.

Das gewonnene Granulat wurde anschließend zu Probekörpern verarbeitet, mit welchen folgende Versuche durchgeführt wurden:

- Zugversuch statisch (nach DIN EN ISO 527-1)
- Zugversuch dynamisch (nach DIN EN ISO 6721-4)
- Biegeversuch stat. (nach DIN EN ISO 178)
- Ausschwingversuch (nach VDI 3830)

Ergebnisse der durchgeführten Versuche

Zunächst werden die Ergebnisse der beiden statischen Kennwertermittlungen gegenübergestellt, um eine Aussage über den Einfluss des Additivs auf die Steifigkeit abzuleiten. In Abb. 1 sind der E-Modul aus dem statischen Zugversuch und die breitennormierte Steifigkeit aus dem 3-Punkt-Biegeversuch gegenübergestellt. Es ist eindeutig zu erkennen, dass der Elastomergehalt die Steifigkeit verringert. Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden unterschiedlichen Gummimehltypen kann nicht nachgewiesen werden. Die Differenz in den ermittelten Kennwerten zwischen Biege- und Zugversuch sind auf den unterschiedlichen Spannungszustand im Material zurückzuführen.

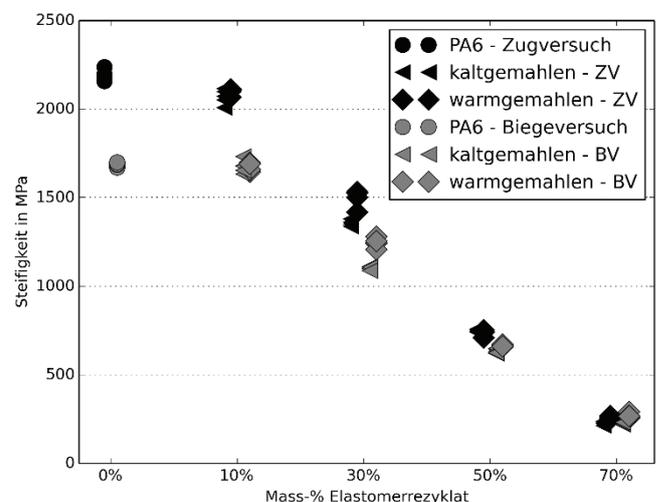


Abbildung 1: Ergebnisse der Steifigkeitsermittlung der hergestellten Compounds

Die beiden dynamisch ermittelten Dämpfungskennwerte Verlustwinkel (aus dyn. Zugversuch) und Lehr'sches Dämpfungsmaß (aus Ausschwingversuch) zeigen in Abb. 2 einen positiven Einfluss des Elastomers auf das PA6. Laut Definition sind diese beiden Kennwerte identisch [4]. Aus den Versuchsergebnissen zeigt sich jedoch eine Abweichung zwischen den Werten, welcher ebenso wie bei den statischen Versuchen mit dem unterschiedlichen Spannungszustand zwischen Zug und Biegebelastung zu erklären ist.

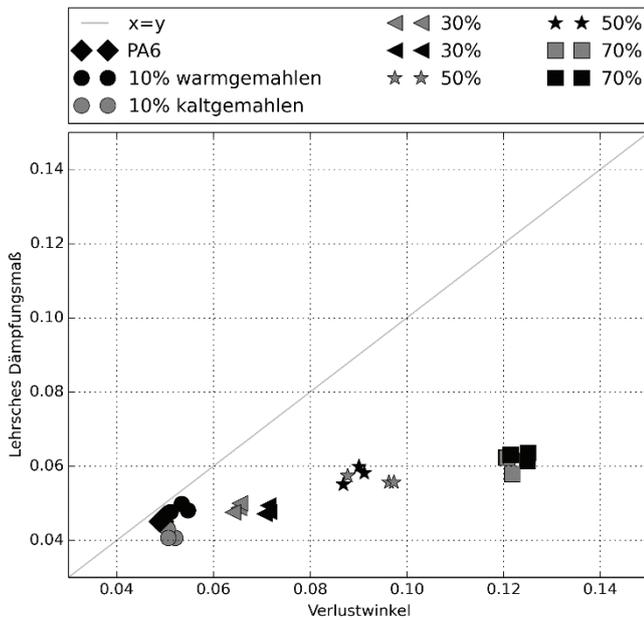


Abbildung 2: Ergebnisse der dynamischen Versuche des modifizierten PA6

Zwischen den beiden verwendeten Rezyklaten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, weshalb für die folgenden Untersuchung nur das warmgemahlene Rezyklat verwendet wurde.

Verbundherstellung

Um alle Parameter zu erfassen wurden 8 verschiedene Verbundwerkstoffe hergestellt. Hierbei wurden zwei Kerndicken (0,5 und 1,1 mm) sowie zwei unterschiedliche Deckschichtdicken untersucht (0,27 mm und 0,58 mm). Die Variation des Füllgrades ist aus Abb. 3 zu entnehmen.

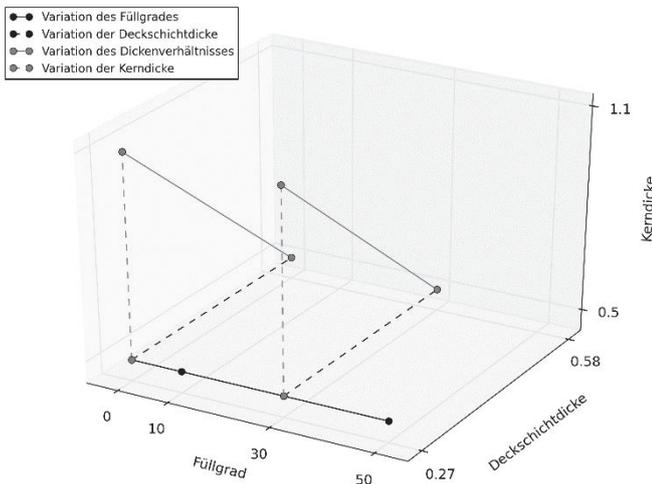


Abbildung 3: Versuchsmatrix zur Verbundherstellung

Untersuchung der Verbundeigenschaften

Zur Ermittlung der Biegesteifigkeit des Verbundes wurde ein 4-Punkt-Biegeversuch (angelehnt an DIN 53292) genutzt. In Abb. 4 ist das Ergebnis des Biegeversuchs dargestellt. Hierbei ist auf der Ordinatennachse die gemessene effektive Biegesteifigkeit gegenüber der theoretischen Biegesteifigkeit auf der Abszissenachse aufgetragen. Die theoretische

Biegesteifigkeit lässt sich nach der klassischen Sandwichtheorie [5] berechnen:

$$E_{th} = \left(\frac{E_D t_D^3}{6} + \frac{E_D t_D d^2}{2} + \frac{E_K t_K^3}{12} \right) b \quad (1)$$

wobei E_D und E_K die E-Moduli von Deckschicht und Kern bezeichnen, d steht für die Breite der Probe und t_D bzw. t_K beschreiben die jeweiligen Schichtdicken. Die Nähe der Messwerte zur ersten Mediane deutet auf eine zuverlässige Verbundherstellung mit einer schubsteifen Verbindung zwischen Kern und Deckschicht hin.

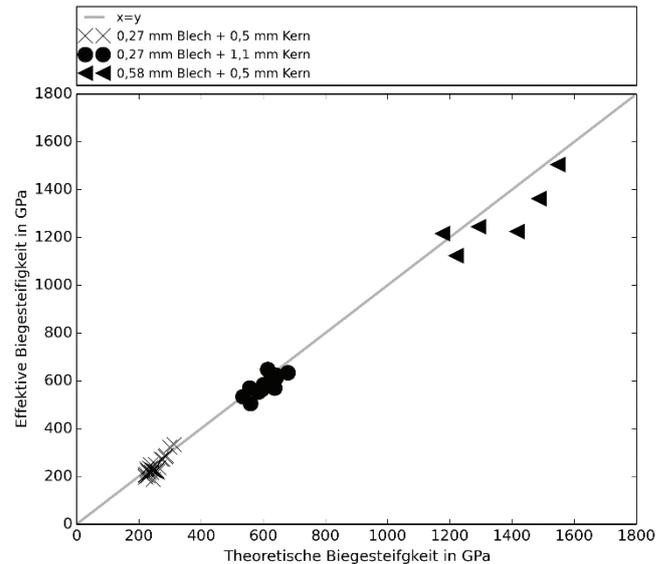


Abbildung 4: Vergleich von theoretischer und effektiver Biegesteifigkeit der hergestellten Verbunde

Die dynamische Charakterisierung der hergestellten Verbunde wurde mittels des Ausschwingversuchs nach VDI 3830 durchgeführt. In Abb. 5 sind die Ergebnisse des Versuchs dargestellt.

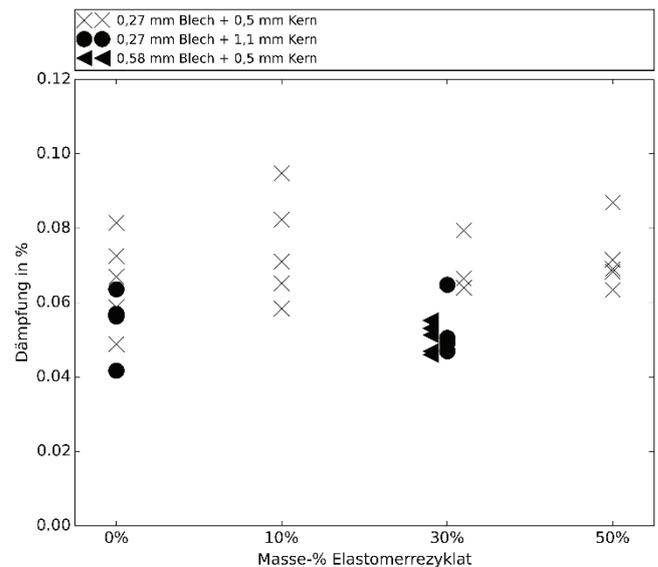


Abbildung 5: Dämpfungseigenschaften der hergestellten Verbunde

Sowohl eine dickere Kern-, als auch eine dickere Deckschicht verringern die dämpfenden Eigenschaften des

Verbundmaterials. Die dämpfungssteigernde Wirkung des Elastomers, die beim Kernmaterial selbst nachgewiesen wurde, kann im Verbund nicht bestätigt werden. Hier hat der Füllstoff keinen signifikanten Einfluss auf die Dämpfung.

Zusammenfassung

Durch das Compoundieren mit Elastomerrezyklat konnte eine Steigerung der Dämpfung bei PA6 erreicht werden. Jedoch konnte diese Erhöhung in einem Metall-Kunststoffverbund mit dem untersuchten Compound als Kernmaterial nicht nachgewiesen werden. Weitere Versuche zur Untersuchung der dynamischen Verbundeigenschaften sind nötig, um dies zu verifizieren.

Betrachtet man den eingangs erwähnten Konflikt zwischen Biegesteifigkeit und Körperschalldämpfung, so wurde bestätigt, dass ein dickerer Kern zu einer höheren Biegesteifigkeit bei geringerer Dämpfung führt. Eine mögliche Lösung für diesen Konflikt stellt die Verwendung von dickeren Deckschichten dar. Hierbei kann eine deutliche Erhöhung der Biegesteifigkeit mit nur geringen Einbußen bei der Dämpfung erzielt werden. Jedoch führt diese Lösung zu einem höheren Flächengewicht, was wiederum das Leichtbaupotential senkt.

Förderhinweis

Das Projekt wird als Vorhaben der Industriellen Gemeinschaftsforschung unter der Fördernummer AiF17895 BG von der Forschungsvereinigung EFB e.V. finanziert und betreut und über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom BMWi gefördert.

Literatur

- [1] E.M. Kerwin.: Damping of flexural waves by a constrained viscoelastic layer. J. Acoust. Soc. Am., 31, 952-962, 1959
- [2] H. Plass.: Damping vibrations in elastic rods and sandwich structures by incorporation of additional viscoelastic material. Proceedings of the Third Midwestern Conference on Solid Mechanics, Ann Arbor, MI, 1957
- [3] B. Meuthen, A-S. Jandel.: Coil Coating : Bandbeschichtung: Verfahren, Produkte und Märkte. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York: 2008.
- [4] Harris, C.M.: Harris' Shock and Vibration Handbook. 5. Auflage. New York: McGraw-Hill, 2002.
- [5] D. Zenkert.: An Introduction to Sandwich Construction. Engineering Materials Advisory Services, 1995.