

Projekt „PolymerAkustik“: Ganzheitliche Lösungsansätze für leise Kunststoffbauteile

Bitte Ruhe

Ob Laubbläser, Bohrmaschine, Küchenmixer, Föhne oder andere Haushaltskleingeräte wie Kaffeemaschinen – zwei Dinge sind all diesen Beispielen häufig gemein: ihr meist lautes oder unangenehmes Betriebsgeräusch und jeweils mehrere Gehäusebauteile aus Kunststoff. Das Projekt „PolymerAkustik“ untersucht neue werkstoffliche und fertigungstechnische Lösungen für großserienfähige Gehäusebauteile, die auf verschiedene Art die Schallemissionen aus den Gehäusen verringern können.



Das im Projekt „PolymerAkustik“ gewonnene Know-how kann sowohl ganzheitlich in einer frühen Phase der Bauteilkonzeption als auch als „akustischer Problemlöser“ angewandt werden.

© Adobe Stock

Kunststoffe sind beliebte Gehäusewerkstoffe. Sie sind leicht, kostengünstig und lassen sich in der Großserie auch in komplexe Geometrien formen. Zudem erfüllen sie vielfach anspruchsvolle ästhetische Anforderungen. Akustische Aspekte spielen in der Praxis häufig eine untergeordnete Rolle – die Werkstoffauswahl erfolgt meist unter mechanischen, thermischen, prozesstechnischen und gegebenenfalls ästhetischen Aspekten. Dabei sind gerade in Kleingeräten die Schwingungsanregungen beispielsweise durch den Motor und die schallemittierenden Gehäuseoberflächen meist nahe beieinander; die Körperschalltransferpfade sind entsprechend kurz und der Bauraum für Maßnahmen zur

Verringerung der Schallemissionen stark beschränkt.

In vier Jahren haben Forscher an mehreren Fraunhofer-Instituten im Projekt „PolymerAkustik“ interessante Lösungsansätze entwickelt, unter anderem aus den Bereichen Charakterisierungsverfahren, Werkstoffkonzepte zur Verbesserung der inneren Dämpfung, neue kunststoffgerechte Konstruktionsansätze für ein besseres Dämpfungsverhalten großer, flächiger Gehäusebereiche und neuartige Lüftungsgittergeometrien.

Diese eignen sich gleichermaßen zur ganzheitlichen akustischen Optimierung von Gehäusebauteilen wie auch als akustische Problemlöser für spät in der Entwicklungskette auftretende akustische Probleme.

Charakterisierung der relevanten Materialparameter

Eine zentrale Herausforderung bei der Entwicklung akustisch optimierter Kunststoffe und Bauteile besteht darin, die relevanten Materialparameter zu charakterisieren. Etablierte Verfahren wie beispielsweise die dynamisch-mechanische Analyse (DMA) arbeiten nur in einem aus akustischer Sicht niedrigen Frequenzbereich, setzen höhere Grundsteifigkeiten voraus oder erfordern einen hohen Aufwand in der Probenherstellung. Letztendlich bewährt hat sich die im Projekt „PolymerAkustik“ entwickelte Kombination zweier Messungen aus einer speziell konfigurierten DMA (Hochkraft-DMA in Zug/Druck-Konfiguration am Mittelstück eines Zugstabs) und einer Modalanalyse an Zugstabproben (**Bild 1**). Bei der Modalanalyse werden das sich nach initialer Schwingungsanregung ausbildende Schwingungsmuster (Mode) und dessen Abklingverhalten untersucht und hieraus das Dämpfungsmaß ermittelt.

In der Kombination der zwei Verfahren ergibt sich durch Überlappung der Frequenzbereiche der DMA (0,1 Hz bis ca. 400 Hz) und der Modalanalyse (ca. 40 Hz – abhängig von der ersten Mode der Probe – bis ca. 10 kHz) ein breit abgedeckter Frequenzbereich. Da die Messmethode Standard-Prüfkörper nutzt, ist der präparative Aufwand gering.

Übliche spritzgießfähige Gehäusewerkstoffe sind Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polypropylen (PP) und Polyamide (PA) in unverstärkter, mit Mineralien gefüllter oder mit Glasfasern (GF) verstärkter Form. Das Schwingungsverhalten von Kunststoffmaterialien wird vor allem von zwei Faktoren bestimmt:

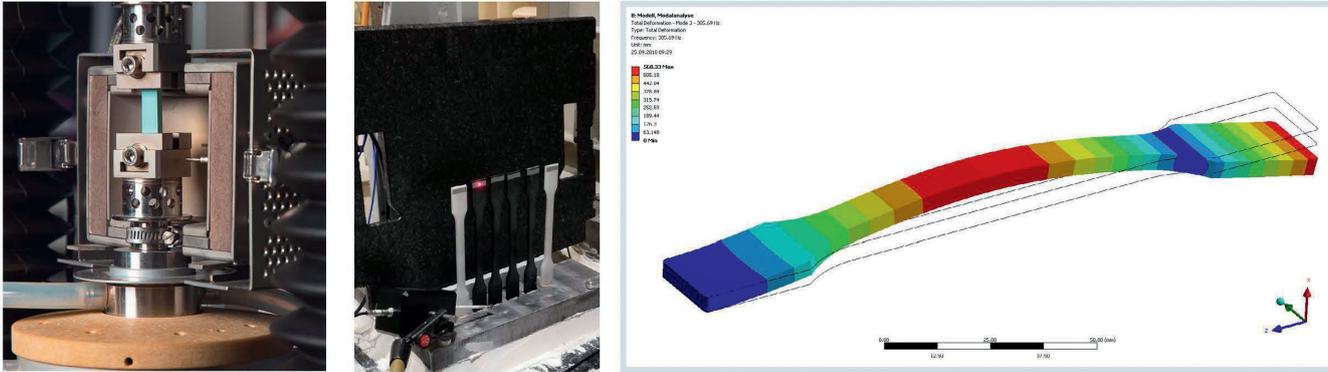


Bild 1. Messaufbau für die DMA und die experimentelle Modalanalyse sowie Visualisierung der FE-Simulation einer Probe (von links). © Fraunhofer ICT/IWU

- der Masse und
- dem inneren Dämpfungsvermögen.

Die vergleichsweise niedrige Dichte, die für übliche Gehäusewerkstoffe zwischen 0,9 und 1,5 g/cm³ liegt, führt zu einer geringen Gehäusemasse und ist somit für die Dämmung des im Gehäuseinneren erzeugten Schalls nicht optimal. Das innere Dämpfungsvermögen für Kunststoff, häufig als Verlustfaktor $\tan \delta$ beschrieben, ist ein Maß für die Dämpfung von Strukturschwingungen.

Kunststoffmaterialien mit optimierter Dämpfung

Diese innere Dämpfung hängt von einer Vielzahl an Faktoren ab, wie unter anderem der Lage der Glasübergangstemperatur (T_g), der Kristallinität oder der Molekülstruktur, und kann innerhalb gewisser Grenzen gezielt durch Mischung zu Blends oder durch Zuschlagsstoffe eingestellt werden. Im Projekt „Polymer-Akustik“ wurde hierzu umfangreiches Know-how aufgebaut. Als besonders vielversprechend haben sich dabei Mischungen aus Kunststoffen mit deutlich unterschiedlicher T_g herausgestellt.

Durch geschickte Wahl der Mischungspartner lässt sich ein breiterer Temperaturbereich guter Dämpfung realisieren oder die bei hygroskopischen Werkstoffen häufig zu beobachtende Abhängigkeit der Lage des Dämpfungsmaximums vom Feuchtegrad reduzieren. Beispielhaft untersuchten die Forscher den Einfluss der Temperatur auf das Dämpfungsvermögen $\tan \delta$ eines PA6, eines PP und eines 50:50 Blends aus beiden. Auch wenn das Werkstoffverhalten des Blends weiterhin vom Einfluss der Temperatur auf das Dämpfungsverhalten geprägt ist, so zeigt sich

doch ein stark ausgleichender Effekt von PP (**Bild 2**).

Hochdämpfende thermoplastische Faserverbund-Sandwichstrukturen

Hochsteife Faserverbundstrukturen, wie sie beispielsweise als Ersatz für Metallbauteile vorkommen, zeigen häufig ein ungünstiges, fast schon metallisch anmutendes vibroakustische Verhalten, das bei erhöhten akustischen Komfortansprüchen gedämpft werden muss. Auf duromere Systeme wurde daher bereits das Prinzip des „Constrained Layer Damping“ übertragen und kommerzialisiert, das für metallische Strukturen schon länger bekannt ist [1]. Hierbei kommt eine elastomere, viskoelastische Zwischenschicht zum Einsatz, die während des Aushärtvorgangs der duromeren Decklagen der Sandwichstruktur (**Bild 3**)

vernetzt. Im Projekt „Polymer-Akustik“ hat der Forschungsverbund dieses Prinzip erfolgreich auf thermoplastische Faserverbundstrukturen aus gestapelten Tapestrukturen übertragen.

In einem Anwendungsbeispiel wurde die innere Dämpfung $\tan \delta$ für die Materialsysteme PP-GF und PPS-CF (kohlenstofffaserverstärktes Polyphenylensulfid) ermittelt. Als elastische Kernlage kam dabei sowohl für die PP- als auch für die PPS-Composite eine kommerzielle Elastomerfolie [1] zum Einsatz. Der stark dämpfungserhöhende Effekt der Elastomer-Kernschichten nimmt mit steigender Frequenz zu (**Bild 4**). In der Praxis führt dies zu einer deutlich wahrnehmbaren Veränderung des Klangbilds von metallisch hell zu dumpf.

Die Gehäuse der meisten Elektrogeräte verfügen über Lüftungsöffnungen zur Wärmeabfuhr. In den Geräusch- ➤

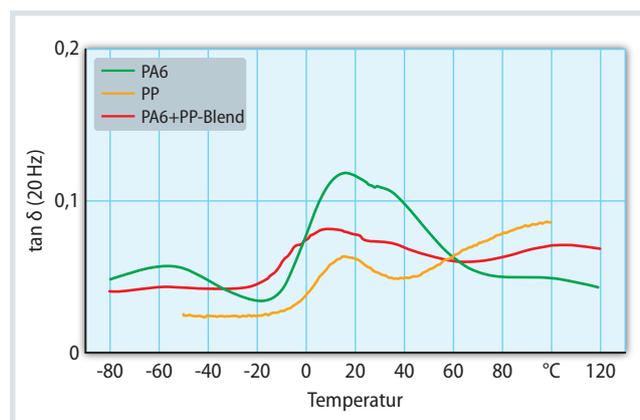


Bild 2. Einfluss der Temperatur auf die Dämpfung von reinem PA6, PP und einem 50:50 Blend aus PA6 und PP.

Quelle: Fraunhofer ICT; Grafik: © Hanser

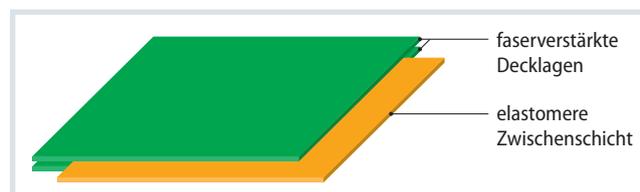
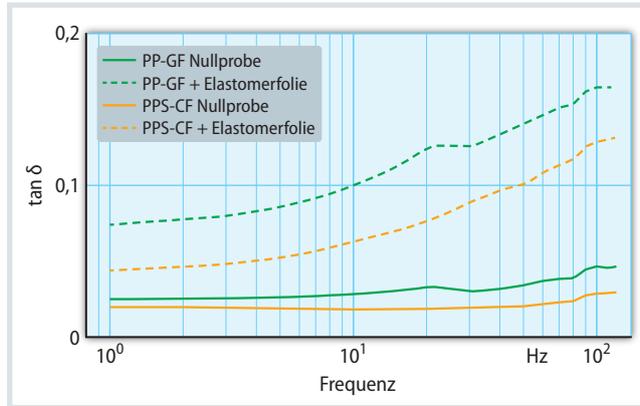


Bild 3. Sandwichstruktur aus viskoelastischer Kernschicht und faserverstärkten Decklagen.

© Fraunhofer ICT

Bild 4. Einfluss elastomerer Kernschichten auf die Dämpfung von thermoplastischen Faserverbundstrukturen.

Quelle: Fraunhofer ICT;
Grafik: © Hanser



spektren vieler dieser Geräte finden sich zudem einzelne stationäre tonale Anteile im kHz-Bereich, die aus dem sonsti-

gen Geräuschspektrum herausstechen. Sie werden häufig durch eine fix gesteuerte Motordrehzahl, Eigenschwingungen der Antriebskomponenten oder die Leistungselektronik verursacht und beispielsweise als Pfeifen wahrgenommen. Die am Projekt „PolymerAkustik“ Beteiligten entwickelten nun Konzepte, um diese tonalen Anteile gezielt zu dämpfen. Hierzu wurden akustische Resonatoren in die Lüftungsschlitzgeometrie integriert.

Optimierte Öffnungsgeometrien auf der Basis akustischer Resonatoren

Ein Vergleich (Bild 5) zeigt den gemessenen Schalldruckpegel am Austritt der Lüftungsöffnungen bei Beschallung mit breitbandigem Rauschen und einem Ton (hier 3,9 kHz) für Proben mit einfachen Lüftungsöffnungen und für Lüftungsöffnungen mit integrierten Resonatoren. Die Ergebnisse lassen eine Reduktion des abgestrahlten Schalls im Bereich der tonalen Komponente um mehr als 10 dB erkennen. Eine zusätzliche breitbandige

Reduktion des abgestrahlten Schalls resultiert aus dem Umstand, dass die integrierten Resonatoren die Schlitzgeometrie verändern.

Neben den Lösungen aus dem Bereich der Kunststofftechnik hat die Projektgruppe erweiterte Ansätze zur Simulation des akustischen Verhaltens entwickelt. So stehen nun sowohl neue Werkstoffmodelle als auch Ansätze zur Kopplung der Struktur- und der Luftschallsimulation zur Nutzung in der Bauteilentwicklung zur Verfügung.

Fazit

Der Bedarf an akustisch optimierten Lösungen für Kunststoffkomponenten und -gehäuse steigt. Der häufig das Klangbild dominierende und viele Störgeräusche (zum Beispiel aus Nebenaggregaten) überdeckende Verbrennungsmotor verschwindet zunehmend, nicht nur in der Automobilindustrie, sondern auch in der Gartengeräteindustrie. Darüber hinaus steigt das Bewusstsein, dass Lärmvermeidung unter gesundheitlichen Aspekten grundsätzlich anzustreben ist.

Die häufig geäußerte Meinung: „Das bisschen Akustik bekommen wir schon noch hin!“ kann sich gerade für Kunststoffbauteile als teure Fehleinschätzung erweisen. Die enge Verzahnung von Bauteilkonstruktion, kostspieligem Werkzeugbau und engen Werkstoffspezifikationen macht eine spätere akustische Optimierung nicht nur unter Kostenaspekten riskant. Der ganzheitliche Ansatz des Projekts „PolymerAkustik“ erlaubt das vorhandene Potenzial des Werkstoffs Kunststoff im Hinblick auf die akustische Optimierung in weit aus größerem Rahmen zu nutzen. ■

Info

Text

Dr. Jan Diemert ist stellvertretender Produktbereichsleiter „Polymer-Engineering“ am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal, und war Projektleiter der „PolymerAkustik“; jan.diemert@ict.fraunhofer.de

Dr. Jörg Hohe ist Gruppenleiter Verbundwerkstoffmechanik am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg; joerg.hohe@iwf.fraunhofer.de

Dr. Jens Rohlfing ist Gruppenleiter Technischer Schallschutz und Fahrzeugakustik am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), Stuttgart; jens.rohlfing@ibp.fraunhofer.de

Jan Troge ist Abteilungsleiter Technische Akustik am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Chemnitz; jan.troge@iwu.fraunhofer.de

Dank

Die Autoren widmen diese Veröffentlichung dem Andenken an ihren Kollegen und Institutsleiter Prof. Dr. Peter Elsner und danken ihm damit für die große Unterstützung und freundschaftliche Begleitung. Das Projekt „PolymerAkustik“ wurde gefördert im Rahmen der internen Programme der Fraunhofer-Gesellschaft, Fördernummer MAVO 836 974.

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

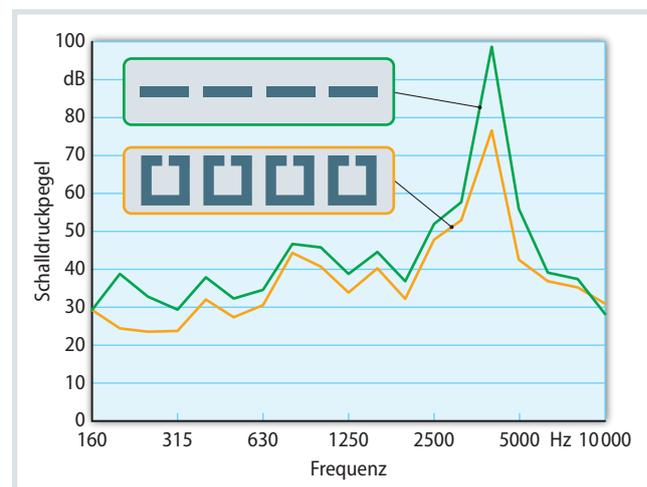


Bild 5. Schalldruckpegel an der Außenseite des Lüftungsgitters: hier eine einfache Schlitzgeometrie (grüne Linie) im Vergleich zu einer akustisch optimierten Lüftungsöffnung mit integrierten Resonatoren (orange Linie). Quelle: Fraunhofer

IBP; Grafik: © Hanser