

## **Unter Strom – Leitfähige Kunststoffe clever eingesetzt!**

Dipl.-Ing. Michael Tesch, Kunststoff-Institut Lüdenscheid GmbH, 58507 Lüdenscheid, Deutschland, 24.01.2022

### **Kurzfassung**

Branchenübergreifend, sowohl in der Automobil-, E&E, Haushaltsgeräte- und Medizinindustrie, wachsen die Anforderungen an Materialien hinsichtlich der Funktionsintegration durch kompaktere Bauweisen und neue Designkonzepte. Infolge höherer Leistungsdichten und Datenübertragungen in Elektronikkomponenten auf engstem Raum steigt der Anspruch an die Funktionalität des Werkstoffs für Gehäuseanwendungen. Die Themenbereiche Thermomanagement und EMV Abschirmung spielen dabei eine hervorgehobene Rolle, deren notwendige Eigenschaften durch den Einsatz von Kunststoffen erfüllt werden können. Das grundlegende Verständnis der Materialzusammenhänge und deren Wirkungsweisen ist die Basis, um mittels dieser Werkstoffgruppe Wärme effektiv aus Bauteilkomponenten ableiten zu können oder eine geforderte Schirmdämpfung zu erreichen.

### **Manche mögen`s heiß**

Der Einsatz wärmeleitfähiger Kunststoffe im Hinblick auf die intelligente Funktionsintegration in Baugruppen bietet in mehrfacher Hinsicht Vorteile. Ziel muss es sein, die Möglichkeiten dieser Materialien voll auszuschöpfen. Dabei ist es für viele Anwendungen im Elektroniksegment von Bedeutung, dass wärmeleitfähige Kunststoffe gleichzeitig elektrisch isolierend sind. Ein Widerspruch, der mit Hilfe von keramischen oder mineralischen Füllstoffen gelöst werden kann. Insbesondere für Gehäuseanwendungen müssen diese Werkstoffe jedoch verschiedenste Anforderungen erfüllen. Die zum Teil notwendigen, hohen Füllgrade führen jedoch zu Einbußen z.B. in der Schlagzähigkeit und Bruchdehnung, sowie in den fließtechnischen Eigenschaften. Ferner muss das Bauteil den üblichen Flammschutzanforderungen gerecht werden. Es gilt das optimale Wärmeleitungs-potenzial des Werkstoffs zu nutzen und trotzdem die mechanischen verarbeitungstechnischen Aspekte zu berücksichtigen.

Das grundlegende Verständnis der Materialzusammenhänge und deren Wirkungsweisen ist die Basis, um Wärme effektiv aus Bauteilkomponenten abzuleiten. Dabei ist eine Wärmeleitfähigkeit von 1-2 W/mK für viele Anwendungen ausreichend, um die Wärme durch das Material in angemessener Zeit an die Bauteiloberfläche abzuführen und durch Temperaturspreizung einen Hotspot zu vermeiden. Eine deutlich höhere Wärmeleitfähigkeit würde hinsichtlich der Temperaturreduzierung im Bauteil nur dann Vorteile erwirken, wenn durch eine anwendungsspezifische Auslegung dafür die Grundlage geschaffen wird. Ist die Wärme erst einmal an der Bauteiloberfläche, sind es insbesondere konvektive Wärmeübertragungsvorgänge in Form von strömenden Medien, die eine weitere Temperaturreduzierung ermöglichen.

Im Hinblick auf die Materialeigenschaften müssen Einflussgrößen wie z.B. die chemische Struktur des Füllstoffs, der Füllgrad, die Füllstofforientierung, das Materialgefüge, die Partikelgrößenverteilung, die Füllstoffgeometrie und/oder die Grenzfläche Polymer/Füllstoff berücksichtigt werden, um das Bauteil hinsichtlich des Thermomanagements und einer ausgewogenen Eigenschaftsperformance der Bauteilanforderungen auszuliegen.

Um diese Zusammenhänge besser zu verstehen, wurden am Kunststoff-Institut Lüdenscheid innerhalb von sogenannten Verbundprojekten verschiedenste Materialsysteme mit Hilfe der Compoundiertechnologie gezielt hergestellt und untersucht. In Bild 1 werden beispielhaft Zusammenhänge der mechanischen Eigenschaften im Kontext der Wärmeleitfähigkeit an zwei Füllstoffarten und -gehalte aufgeführt.

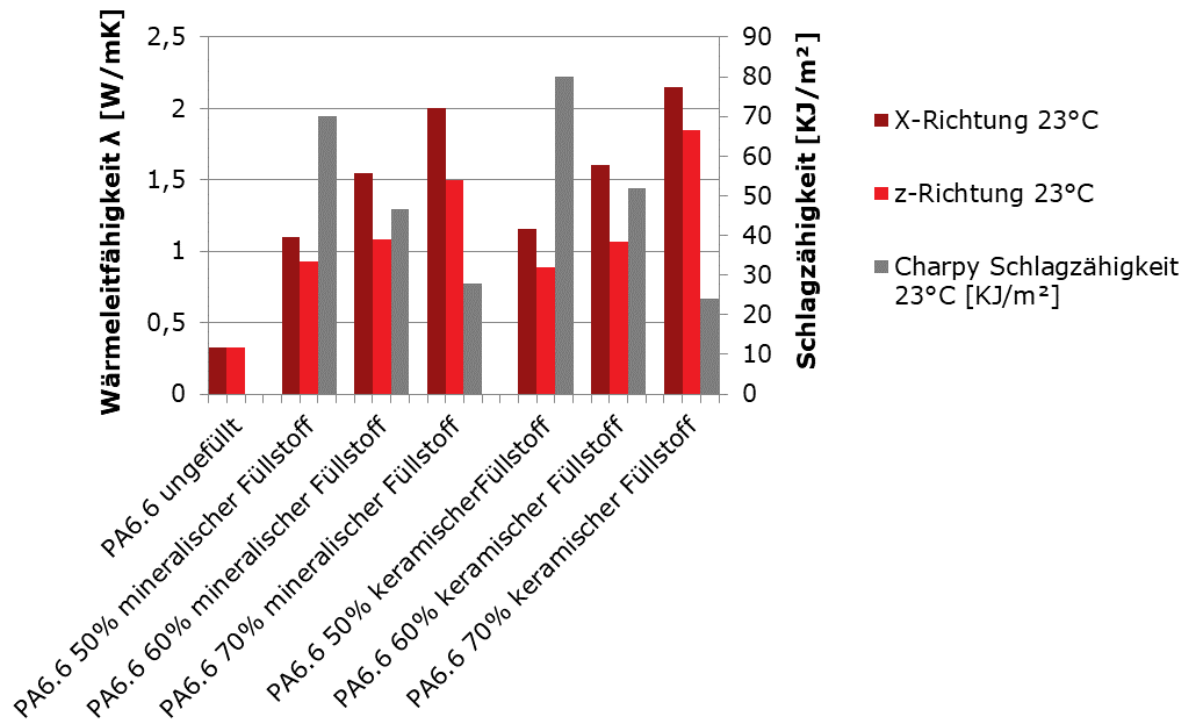


Bild 1: Einfluss des Füllgrads auf die Schlagzähigkeit und Wärmeleitfähigkeit

Eine weitere Option die Schlagzähigkeit zu erhöhen ohne die Wärmeleitfähigkeit negativ zu beeinflussen bietet die Möglichkeit der Oberflächenmodifizierung des Füllstoffs. Durch z.B. Silanisierung lässt sich die Haftung zwischen Polymer und Füllstoff verbessern, sodass im Fall eines mineralischen Füllstoffsystems in Kombination Polyamid bei 50 Gewichtsprozent Füllung die Schlagzähigkeit um ebenfalls 65% gesteigert werden kann (Bild 2). Die Wärmeleitfähigkeit bleibt durch die Oberflächenbehandlung des Füllstoffs nahezu unbeeinflusst. Eine dritte Möglichkeit die Schlagzähigkeit zu verbessern bietet der Einsatz von Schlagzähmodifiern. Bereits eine geringe Konzentration von Weichkomponenten in die spröde thermoplastische Matrix führt zu einer deutlichen Verbesserung der Eigenschaften bei je nach Füllstoff nur geringen Verlusten der Wärmeleitfähigkeit. Die eingebrachte Weichphase ermöglicht die optimale Energieaufnahme der Schlagenergie. Auch in diesem Fall ist die Kopplung der Modifiers mit dem Polymer und dem Füllstoff für ein gutes Resultat entscheidend.

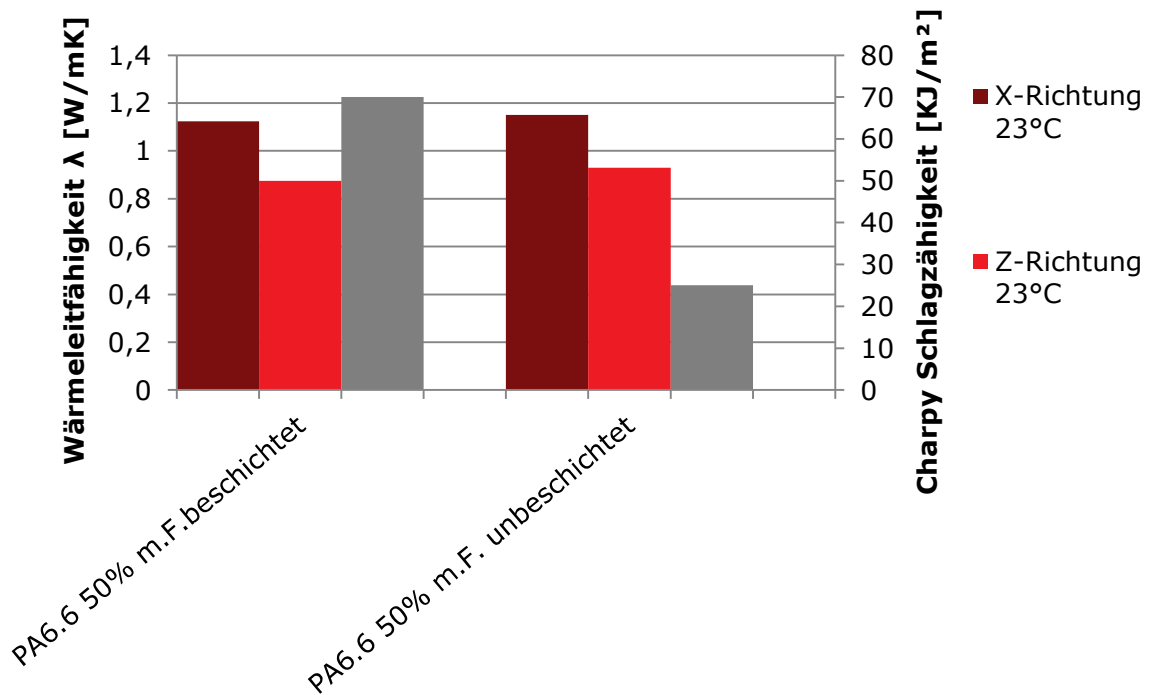


Bild 2: Einfluss der Füllstoffbeschichtung auf die Schlagzähigkeit und die Wärmeleitfähigkeit

### Praktische Umsetzung anhand einer Leistungselektronik

Mit Hilfe solcher Materialsysteme können Entwärmungsprozesse gelöst werden. Bild 3 zeigt den Deckel einer Leistungselektronik, der aus einem PA 6.6 in Kombination keramischer und mineralischer Füllstoffe hergestellt wurde und somit eine Temperaturreduzierung durch Wärmespreizung an der Oberfläche mit einem Füllgehalt von 60 Gewichtsprozent im Vergleich zu einem ungefüllten Kunststoff von bis zu 4°C erreicht. Bei Betriebstemperatur der Elektronik zwischen 80°C und 130°C führt bereits eine solche Reduzierung zu einer signifikanten Verringerung des Wärmestaus im Vergleich zu ungefüllter Polymermatrix, so dass die Wärmeverlustleistung und damit die Verbesserung der Wärmeableitung um 50% gesteigert werden kann. In Bauteilanwendungen im dauerhaften Betrieb können somit Elektroniken geschützt und ein stabiler Betriebszustand sichergestellt werden.

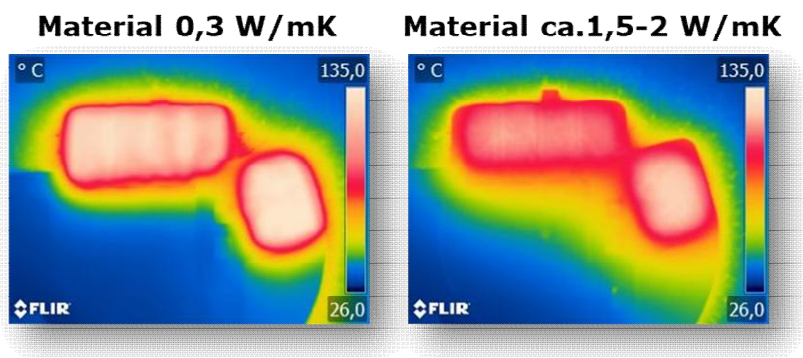


Bild 3: Entwärmungsprozess und Temperaturspreizung in einer Leistungselektronik

### Das Runde muss ins Eckige

Sehr ähnlich stellt sich die Situation im Kontext der Abschirmung elektromagnetischer Strahlung durch leitfähige Kunststoffe dar. Auch hier ergeben sich durch Art und Menge der Zugabe an Füll- und Faserstoffe Zusammenhänge in Bezug auf die Eigenschaften. Geschirmte Leitungen und Steckverbinder in den verschiedenen Anwendungsfeldern haben eins häufig gemeinsam: sie finden ihren Anfang oder ihr Ende in einem Gehäuse, das wie die Leitungen und Verbindungselemente selbst abgeschirmt sein muss.

Elektromagnetische Strahlungen sind im Zuge der Digitalisierung allgegenwärtig. In allen Anwendungsbereichen der Elektronik werden Strahlungen entweder ungewollt oder funktionsbedingt abgestrahlt. Ungewollt abgegebene Strahlungen können zum Systemausfall führen oder stehen in der Diskussion gesundheitliche Beeinträchtigungen hervorzurufen. Demzufolge müssen Strahlungen gegenüber der Umgebung abgeschirmt oder das elektronische Gerät gegenüber Strahlungen geschützt werden. Eine gute Schirmung erfolgt über leitfähige Gehäuse, die häufig mit rein metallischen Materialien realisiert werden. EMV Kunststoffe können aufgrund des Leichtbaupotenzials und der Gestaltungsfreiheit einen Mehrwert im Hinblick auf den ressourcenschonenden Materialeinsatz bieten. Die Produktion von EMV Bauteilen im wirtschaftlichen Spritzgießprozess bietet für viele Unternehmen zudem eine gewinnbringende Alternative zu anderen Fertigungsverfahren.

Im Fokus von Untersuchungen stand ein üblicher Gehäusewerkstoff für elektrotechnische Anwendung auf Basis Polyamid 6. Der Kunststoff ist von Hause aus ein klassischer elektrischer Isolator. Um eine EMV Abschirmung zu erwirken sind effiziente Ladungsverschiebungen zur Erzeugung eines Gegenfelds in der Bauteilwand notwendig. Diese Ladungsverschiebung können insbesondere in elektrisch leitfähigen Materialien mit gut vernetztem Kristallgefüge (Metallgitterstrukturen) ideal ablaufen. Die Leitfähigkeit von Kunststoffen wird insbesondere durch leitfähige Füll- und Verstärkungsstoffe eingestellt. Für eine ausreichende EMV Abschirmung werden extrem niedrige Durchgangswiderstände benötigt, die im Allgemeinen  $<1\text{E}\Omega\text{m}$  liegen müssen. Derartig niedrige Durchgangswiderstände erreicht man nur mit starker Netzwerkbildung durch leitfähige Faserwerkstoffe, wie z.B. Carbonfasern, Edelstahlfasern, vernickelte Carbonfasern. Ähnlich wie bei dem zuvor diskutierten Thema der Modifizierung von Kunststoffen im Hinblick des Thermoma-

nagements gilt auch hier die optimale Performance des Materials mittels Fasern und/oder Füllstoffen zu erzielen. So kann anhand der Kombination von Carbonfasern oder Stahlfasern mit Leitruß nicht nur eine verbessertes Schirmdämpfungsverhalten erzielt werden (Bild 4), dieser Mix wirkt sich auch vorteilig auf die Materialkosten aus, die am Beispiel des Einsatzes von Stahlfasern um bis zu 20 % gesenkt wurde. Die Schlagzähigkeit als wichtiges Attribut für einen Gehäusewerkstoff muss dabei im Blickfeld bleiben. Entsprechend performte Füllstoffe (z.B. CNS (Carbon Nano Structure)) können diese Kombinationen erreichen und stehen im Fokus weiterführender Untersuchungen.

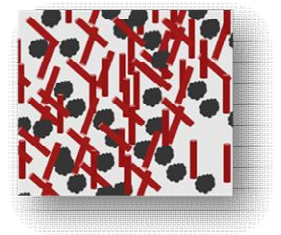
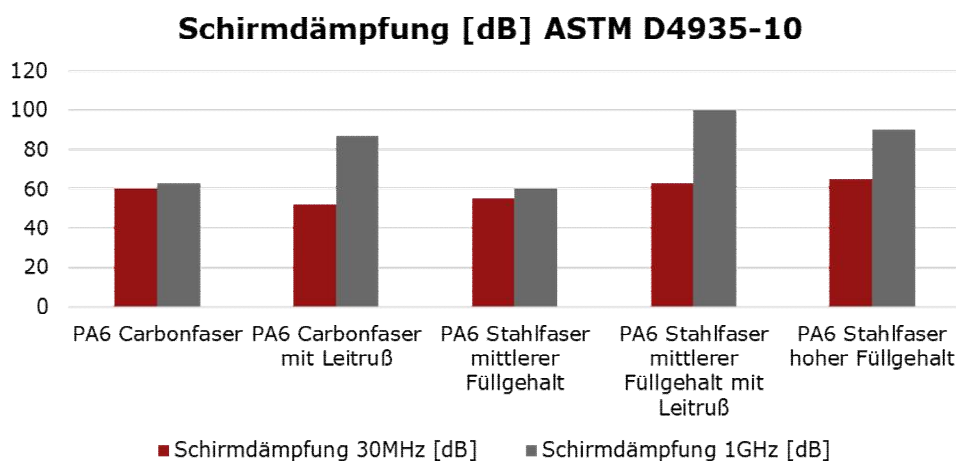


Bild 4: Einfluss von Faser- und Füllstoffe auf die Schirmdämpfung

### Verbundprojekte machen`s möglich

Die oben aufgeführten Ergebnisse resultieren aus Projekten, die am Kunststoff-Institut Lüdenscheid umgesetzt wurden. Innerhalb dieser sogenannten Verbundprojekte werden seitens des Kunststoff-Institut Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, Handlungsoptionen für die eigene Produktentwicklung ableiten zu können. Bei den Verbundprojekten handelt es sich um rein industriefinanzierte Auftragsforschung von innovativen Themen mit praxisnahem und hohem technologischen Know-how für mehrere Unternehmen, die sich die Projektaufwendungen teilen. Die Verbundprojekte geben zudem eine gute Möglichkeit, sich in neue Geschäftsfelder einzuarbeiten. Nicht zuletzt ist das Netzwerken innerhalb der Projektgruppe ein wichtiger Baustein für eine Teilnahme.

Zudem hier aufgeführten Schwerpunkt „EMV-Abschirmung“ läuft derzeit ein Verbundprojekt mit dem gleichnamigen Titel „EMV Abschirmung durch Kunststoffe 2“, in denen ein Quereinstieg von Unternehmen grundsätzlich möglich ist.

<https://kunststoff-institut-luedenscheid.de/verbundprojekte/emv-abschirmung-durch-kunststoffe-2/>