

IGF-Vorhaben-Nr. 18246N

Laufzeit: 1.10.2015 – 30.09.2018

## **Recycling von halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen**

Projektleiterin: Elke Metzsch-Zilligen

### **Zusammenfassung**

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens wurde die Rezyklierfähigkeit von halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen untersucht.

Kunststoffe müssen aus heutiger Sicht nicht nur für ihre Applikation durch Additivzusätze optimiert werden, sondern darüber hinaus auch einem gewachsenen Anspruch an ihre Nachhaltigkeit gerecht werden. Diese Nachhaltigkeit geht einher mit der Sicherstellung der Wiederverwertbarkeit, wobei das werkstoffliche Recycling an erster Stelle steht. Die Wiederverwendung von bereits verarbeiteten oder gebrauchten Kunststoffen durch Umschmelzen ist die energieeffizienteste und ökologisch bevorzugte Recyclingmethode, vorausgesetzt es liegt ein verhältnismäßig sortenreiner und nicht verunreinigter Materialstrom vor. Das letztendliche Ziel des werkstofflichen Recyclings ist eine hochwertige Wiederverwendung und idealerweise der Ersatz von Neuware. Das heißt, es wird ein geschlossener Kreislauf erreicht („closed-loop“).

Recycling-Kunststoffe unterscheiden sich dabei grundsätzlich von Neuware. Dies gilt selbst für Produktionsabfälle, die in der Regel sortenrein sind. Bei Altkunststoffen sind die Unterschiede umso gravierender, denn eine Reihe von Faktoren beeinflusst die Qualität des Altmaterials bzw. sind bei der Aufbereitung zu berücksichtigen. Es kommt während Verarbeitung und Anwendung zu irreversiblen Veränderungen in der Polymerkette durch mechano-chemische, chemische, thermische und lichtinduzierte Prozesse, die mit Einsatzzeit und je nach Einsatzbereich zunehmen. Grundsätzlich gilt, dass Rezyklate oder vorgeschädigte Kunststoffe oxidationsempfindlicher sind als Neuware, da Abbauprodukte der Polymerkette als Initiatorstelle für eine weitere Oxidation oder als Prodegradantien zur Verfügung stehen.

Bei flammgeschützten Kunststoffen muss neben den erwähnten strukturellen Veränderungen des Kunststoffes durch Verarbeitung und/oder Alterung auch der Alterungsprozess des Flammschutzmittels betrachtet werden. Viele Flammschutzmittel sind thermisch signifikant

weniger stabil als der Kunststoff selbst, d.h. die Wirksamkeit kann durch potentielle Abbauprozesse verringert werden. Damit werden nicht nur die Eigenschaften des Kunststoffes wie z.B. mechanische Kennwerte, sondern auch das Verhalten im Brandfall negativ beeinflusst. Dieses Risiko wird umso größer je anspruchsvoller eine Verarbeitung ist oder je häufiger diese im Fall eines Rezyklierens (wiederholtes Compoundieren und Spritzgießen) stattfindet.

Das werkstoffliche Recycling von halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen Insbesondere der Verlust der Flammgeschützwirkung, die Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften, die fehlende Kenntnis der Abbauprodukte und deren Wechselwirkungen mit den Polymeren und Zusatzstoffen sind als besonders kritisch hervorzuheben. Hier hat das vorliegende Forschungsprojekt angesetzt, indem die Schädigung von modellmäßig ausgewählten halogenfrei flammgeschützten Zusammensetzungen untersucht wurde.

Im Markt werden für die verschiedenen Anwendungen und Polymeren unterschiedlich wirkende Flammgeschützmittelsysteme eingesetzt, wobei davon ausgegangen wurde, dass sich auch die Abbau- und Schädigungsmechanismen unterscheiden. Es wurde daher als notwendig erachtet, jeweils repräsentative Vertreter der jeweiligen Mechanismen (Intumescenz, Gasphase, kondensierte Phase, Abbau, Abkühlung) experimentell anzugehen. Die ausgewählten Vertreter bildeten dabei mehrere Industrien (E+E, Bau), unterschiedliche Polymerklassen (PP, PA, PE, PC/ABS) und Verarbeitungsverfahren (Spritzguss, Folienextrusion) ab.

Bei halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen stand kein wirkliches Altmaterial aus dem Kreislauf zur Verfügung. Sammelsysteme dieser Materialien befinden sich zwar im Aufbau, aber die Zusammensetzungen aus dem Markt sind nicht oder nur schwierig zu identifizieren. Mit der Prämisse, dass die grundsätzlichen Schädigungsmechanismen simuliert werden können, wurde daher auf eine definierte Ausgangssituation zurückgegriffen und das Verhalten von halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen auf der Basis von Neuware zunächst durch Mehrfachextrusion und durch beschleunigte Alterung untersucht. Die Mehrfachextrusion simulierte dabei in erster Linie das Eigenschaftsbild von Produktionsabfall. Die beschleunigte Alterung im Umluftofen bei erhöhten Temperaturen simulierte Langzeit-Einsatzbedingungen und deren oxidative Schädigung des Kunststoffes. Lagerzeiten und Temperaturen wurden dabei vom jeweiligen Einsatzgebiet und vom Polymeren bestimmt. Untersucht wurden jeweils die resultierenden Polymereigenschaften (Schmelzeviskosität, Molekulargewicht, Oxidationszustand), die mechanischen Eigenschaften der Formulierung und das Brandverhalten als die wichtigsten Parameter.

Aus dem Alterungsverhalten der Polymeren und der Flammgeschützmittel, der identifizierten jeweiligen Schädigungsmechanismen und dem Grad der Schädigung wurden dann allgemeine Grundsätze zur Recyclingfähigkeit von halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen entwickelt.

Da die Erkenntnisse an wesentlichen, marktgängigen Modellzusammensetzungen gewonnen wurden, können diese auf nahezu alle im Markt befindlichen Systeme jeglicher Hersteller und Anwendungen verallgemeinert und Empfehlungen für die Rezyklierfähigkeit und für die Auswahl der zu prüfenden kritischen Parameter ausgesprochen werden.

## Danksagung

Das IGF-Vorhaben 18246N der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V., Haardtring 100 in 64295 Darmstadt, zum Thema

### **„Recycling von halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen“**

Wurde über die



im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsförderung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Für diese Förderung sei gedankt.

Ebenso gilt der Dank der Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V.

Weiterhin danken wir den im projektbegleitenden Ausschuss vertretenen Unternehmen für ihre fachliche Unterstützung.