

## KURZVERÖFFENTLICHUNG

### Flammgeschütztes Polypropylen

Autoren:	Dr. Hagen J. Altmann
Forschungsstelle:	DITF – Institut für Textilchemie und Chemiefasern
Erschienen:	07.02.2024
Bearbeitungszeitraum:	01.03.2021 – 31.10.2023

#### Zusammenfassung

Reaktivextrusion ist ein praktisches Verfahren zur Modifikation von Polypropylen. Wie damit eine Flammschutzrüstung kovalent an die Polymerketten angebunden werden kann zeigten die DITF im Projekt Flammgeschütztes Polypropylen. Das zentrale Ziel des Projekts war die Ausstattung des Polymers mit halogenfreien, phosphorbasierten, kovalent angebundenen Flammschutzmitteln in der Reaktivextrusion.

#### Ergebnisse

Polypropylen ist ein Polymer mit vielen günstigen Eigenschaften wie hoher chemischer Beständigkeit, mechanischer Belastbarkeit, guter Verfügbarkeit und nicht zuletzt einer annehmbaren Recycelbarkeit. Es findet Einsatz in allen großen Branchen, darunter Lebensmittelverpackungen, Elektronik, Bauwesen und Faseranwendungen. Wie die meisten Polyolefine ist es leicht entflammbar und brennt bei geringen Sauerstoffgehalten (*limitig oxygen index, LOI*). Mit einem LOI von nur 17 Volumenprozent Sauerstoff in 83 Volumenprozent Stickstoff bei der sich die Verbrennung nach initialem Anzünden selbst erhält, liegt Polypropylen deutlich unter dem in der uns umgebenden Luft üblicherweise vorkommenden 21 Volumenprozent Sauerstoff. Deshalb werden Polypropylen und viele andere Polymere mit Flammschutzmitteln aufgerüstet. Die überwiegende Mehrheit aller Flammschutzmittel für Polypropylen ist auf halogenhaltigen Verbindungen aufgebaut. Diese stehen, trotz ihrer hervorragenden Flammschutzwirkung, in der Kritik, weil die freigesetzten Verbindungen nicht nur die Flammen bekämpfen, sondern auch gesundheits- und umweltschädlich sind. Folglich gibt es Bemühungen halogenierte Flammschutzmittel teilweise oder vollständig zu substituieren mit weniger schädlichen Alternativen. Dabei kann ein teilweiser Ersatz der halogenierten Flammschutzmittel durch andere Flammschutzmittel auch zu synergistischen Effekten führen, d.h. die Kombination zweier oder mehrerer Maßnahmen führt zu einem besseren Effekt als die Summe beider Einzelmaßnahmen. Als Ersatz (auch teilweise) werden Metallhydroxide (und -oxide), Tonerden (verschiedene Silikate), Kohlenstoffmaterialien wie Graphen oder Nanoröhren, Phosphorverbindungen wie

Polyammoniumphosphat und biologische Materialien wie Cyclodextrine eingesetzt. Alle genannten Flammschutzmittel erschweren, verlangsamen oder verhindern, mit verschiedenen Mechanismen, eine Verbrennung. Zu diesen Mechanismen gehören das Quenchen der Radikale (vor allem Wasserstoff- und Hydroxylradikale), die Ausbildung einer Schutzschicht, das Freisetzen nicht brennbarer Gase um die Konzentration brennbarer Gase zu verringern, kühlende Effekte durch Energieabsorption wie z.B. Schmelzen oder Verdampfen und der synergistische Effekt mehrerer gepaarter Flammschutzmechanismen.

Obengenannte Ansätze sind nicht immer ideal geeignet für die Herstellung und Nutzung von Fasern und Textilien. Hier ist durch die geringe dreidimensionale Ausdehnung besonders darauf zu achten, dass eine Migration an die Faseroberfläche und ein Auswaschen der Flammschutzmittel verhindert wird. Weiter können nur fein verteilbare Flammschutzmittel eingesetzt werden damit die Faser einen homogenen Aufbau behält. Deshalb wurde die phosphorbasierte Flammschutzausrüstung an den DITF in einer polymeranalogen Umsetzung kovalent an die Polymerketten fixiert. Verschiedene Methoden wurden untersucht, dabei war das Hauptaugenmerk auf die Reaktivextrusion gerichtet. Dabei wurde Polypropylen mit dem phosphorbasieren Flammschutzadditiv homogenisiert und in den Doppelschneckenextruder vorgelegt, wo das Polymer schmolz und über mehrere Temperaturzonen geleitet wurde bevor es extrudiert und granuliert wurde. Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes von Polypropylen erlauben die chemische Reaktion des Flammschutzmittels mit dem Polymer ohne den Einsatz von Lösemitteln. Ob der eingesetzte Flammschutz kovalent im Polymer fixiert war wurde mittels vieler Extraktionsversuche und Phosphorgehaltsbestimmungen durch optische Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma bestimmt und überprüft. In einer breiten Variation an Versuchsführungen wurden Phosphorgehalte von über 0.4 Gewichtsprozent realisiert die durch keine der zahlreichen durchgeführten Extraktionsversuche aus dem Polymer gewaschen wurden. Dadurch wurde der LOI auf Werte bis zu 21 Volumenprozent gehoben. Unter den vielversprechendsten Varianten wurde eine Auswahl getroffen, deren thermisches und rheologisches Verhalten bestimmt wurde um anschließend Fasern herzustellen. Allgemein waren die Schmelz- sowie Kristallisationstemperaturen etwas geringer als beim Ausgangsmaterial. Auch zeigten die Rheologieexperimente eine Absenkung der Viskosität verglichen mit dem reinen Polypropylen. Dies wird einerseits durch die gestörte Kristallisation (aneinanderlegen der Polymerketten) verursacht die durch die Flammschutzseitenketten bewirkt wird und andererseits durch Kettenabbruch während der polymeranalogen Umsetzung. Die als Monofilament ausgesponnenen Fasern konnten mit hoher Geschwindigkeit abgezogen werden und zeigten dem zum Vergleich ebenfalls ausgesponnenen Ausgangsmaterial vergleichbare mechanische Eigenschaften.

Zukünftige Arbeiten zur FlammSchutzrüstung von Polypropylen sollen sich auf die Realisierung höherer Phosphorgehalte sowie die Kombination mit anderen FlammSchutzadditiven konzentrieren um mit geringst möglichem Einsatz eine hohe FlammSchutzwirkung zu erreichen.

### Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 21632 N der Forschungsvereinigung  
Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16, 10117  
Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur  
Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom  
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines  
Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 21632 N ist an den Deutschen Instituten  
für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) erhältlich.

Ansprechpartner

Dr. rer. nat. Iris Elser, [iris.elser@ditf.de](mailto:iris.elser@ditf.de)