Bio-basierte Flammschutzausrüstung für Kartonagen und Textilien auf Basis von Polyphenol-Polyphosphazenen

Laura Hetjens, Kevin Sabel, Patrick Kienzerle, Peter Hausoul, Regina Palkovits, Andrij Pich

DWI – Leibniz-Institut für Interaktive Materialien e.V., Aachen
ITMC – Institut für Technische und Makromolekulare Chemie, RWTH Aachen

Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts BioFlammSchutz konnte gezeigt werden, dass eine Kombination von phosphor- und stickstoffhaltigen Phosphazen-Cyclomatrix-Polymeren mit Polyphenolen als bio-basierte Flammschutzmittel genutzt werden. Diese können als vielversprechende permanente Flammschutzausrüstung für Papier- und Baumwollmaterialien eingesetzt werden. Der Fokus dieses Forschungsprojekts lag insbesondere auf der Entwicklung einer neue, ökologisch und ökonomisch vorteilhaften Alternative zu kommerziellen Flammschutzmitteln, die durch den Einsatz von Polyphenolen als reaktive Bausteine in der Polymerstruktur angestrebt wurden. Diese sind sowohl umweltverträglich, als auch besitzen diese einen hohen Stickstoff und Phosphor-Anteil, wodurch diese eine gute flammhemmende Wirkung auf der ausgerüsteten Oberfläche aufweisen.

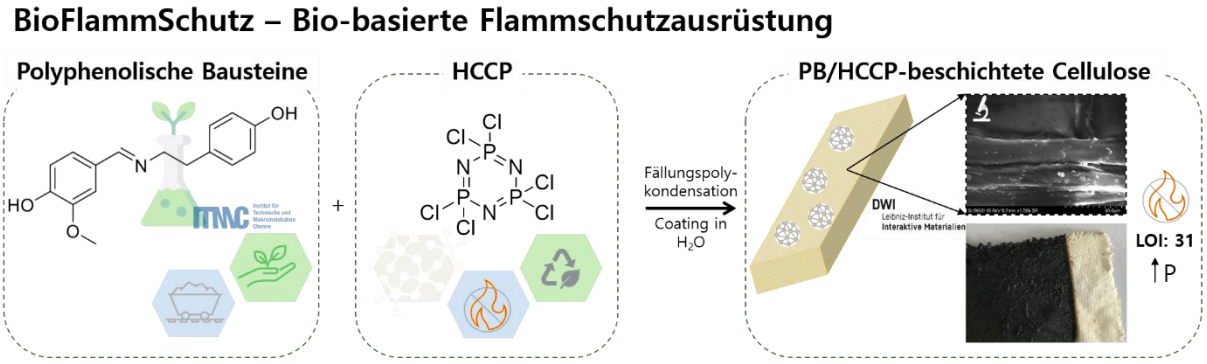

Abbildung 1: BioFlammSchutz - Bio-basierte Flammschutzausrüstung für Kartonagen und Textilien auf Basis von Polyphenol-Polyphosphazenen.

Im Forschungsprojekt BioFlammSchutz konnten neuartigen, polymerische Flammschutzmittel (FSM) entwickelt werden, durch die Entwicklung und Synthese von Phosphazen-Polyphenol Cyclomatrix-Kolloiden; die Bestätigung der Flammschutzwirkung gemäß der Norm DIN 4102-1/B1 sowie erfolgreiche Applikation der resultierten flammenhemmenden Ausrüstung auf Kartonagen und Textilien durch innovative Ausrüstungsverfahren wie Rakeln und Dip-Coating.

In Kooperation mit dem ITMC wurden zunächst sorgfältig eine Auswahl geeigneter natürlicher polyphenolischer Bausteine getroffen. Besonders im Fokus standen Polyphenole wie Quercetin und Curcumin sowie neu entwickelte bio-basierte Bisphenol-Derivate aus Depolymerisationprozessen. Hierbei wurde die kommerzielle Verfügbarkeit und die Funktionalisierung der polyphenolischen Bausteine berücksichtigt, wobei Polyphenole aus Neben- oder Abfallprodukten der Biomasse großes Interesse fanden. Parallel wurde die Synthese von bio-basierten Bisphenol-Derivaten optimiert und weitere Monomere, die durch Depolymerisation aus Lignin gewonnen wurden, untersucht. Dies führte zur Entwicklung von drei vielversprechenden polyphenolische Monomerbausteinen: BP1; BP1.1 und Isocraugsodin (IC), welche in größerem Maßstab hergestellt werden konnten.

Sowohl natürliche Polyphenole als auch synthetische, polyphenolische Bausteine konnten durch eine Fällungspolykondensation mit Phosphazenen erfolgreich zu Polyphenol-Cyclomatrix-Polymeren umgesetzt werden. Die eingesetzten Monomere haben sich währen der Reaktion vernetzt. Im Laufe des Projekts wurden verschiedenste Syntheseparameter wie Lösungsmittel, Monomerkonzentration oder Reaktionsdauer und -temperatur optimiert und die Materialeigenschaften charakterisiert. Insbesondere das eingesetzte Monomerverhältnis der Monomere konnte die thermische Stabilität und dadurch resultierende Flammschutzwirkung erhöht werden. Dabei wurde besonders die hohe thermische Stabilität der Quercetin-Polyphosphazen-Kolloide und die Isocraugsodin-Polyphosphazen-Kolloide konnte durch thermische Analysen wie Thermogravimetrische Analyse (TGA) und Limiting Oxidation Index (LOI) von bis zu 31 auf Baumwolle bestätigt werden. Dies resultiert aus der die synergistische Wirkung des P-N-Rückgrats der entwickelten Polyphenol-Polyphosphazen-Polymere. Darüber hinaus konnte durch die TGA-Analyse der Abbauprodukte bei der Verbrennung gezeigt werden, dass keine toxischen Abbauprodukte entstehen und die Polyphenol-Polyphosphazen-Polymer nach der Verbrennung eine hohe Restmasse besitzen.
Im Besonderen wurden diese neuartigen Flammschutzausrüstungen in wässriger Formulierung mittels Roll-Coating oder InSitu-Coating auf Papier, Kartonagen sowie Baumwolle appliziert. Dabei konnte eine ausreichende Beschichtungshomogenität insbesondere bei der InSitu-Ausrüstung mit Isocraugsodin-Polyphosphazenen bestätigt werden und sogar skaliert werden. Die flammhemmende Wirkung der ausgerüsteten Materialien wurde weiterhin durch Brandprüfung nach DIN 4102-1 in Zusammenarbeit mit dem PA-Mitglied IBENA bestätigt. Als besonders thermisch stabil erwies sich dabei die FSM-ausgerüstete Baumwolle mit IC-HCCP-Polymeren, die die B0-Brandprüfung bestanden. Dies zeigte sich insbesondere durch die Selbstverlöschung der Flamme und den starken Char-Effekt auf der Oberfläche der ausgerüsteten Baumwolle. Auch alternative

Ausrüstungsverfahren wie die Sprühapplikation und der Einsatz der Foulard-Maschine mit den neuartigen Polyphenol-Polyphosphazenen wurden im Rahmen des Projekts BioFlammSchutz impliziert.

Danksagung

Das IGF Vorhaben Nr. 22206 N „Bio-basierte Flammschutzausrüstung für Kartonagen und Textilien auf Basis von Polyphenol-Polyphosphazenen (BioFlammSchutz)“ der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil (FKT) wurde über die DLR im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und –entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Wir danken ebenfalls den im projektbegleitenden Ausschuss engagierten Firmen, ohne deren Unterstützung das Projekt in dieser Form nicht hätte durchgeführt werden können.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

INDUSTRIELLE GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG

DWI Leibniz-Institut für Interaktive Materialien