

Zusammenfassung zum Schlussbericht

Entwicklung einer Teststrategie zur umfassenden Sicherheitsbewertung von Kunststoffrecyclaten (PolyCycle)

Das Projekt Polycycle zielte darauf ab, eine Prüfstrategie für die umfassende Sicherheitsbewertung von Kunststoffrezyklaten zu entwickeln. Die europäische Circular Economy Strategie fordert recyclingfähige Verpackungen, jedoch gibt es große Herausforderungen bezüglich deren Sicherheit vor allem als Lebensmittelkontaktmaterialien. Durch den Sammel- und Recyclingprozess können unbekannte Substanzen ins Material gelangen, die zwar mit aktuellen Methoden nicht nachweisbar sind, jedoch eine DNA-reaktive Wirkung besitzen und ein gesundheitliches Risiko darstellen könnten. Um diese DNA-reaktive Wirkung nachzuweisen, sind in-vitro Bioassays besonders geeignet, jedoch sind diese auf die Analytik von Reinstoffen und nicht von Polymerextrakten optimiert.

Deswegen sollten in der Projektlaufzeit folgende Ziele erreicht werden:

1. Entwicklung und Validierung einer Teststrategie für DNA-reaktive Karzinogene in recycelten Kunststoffen (insbesondere die Berechnung der Nachweisgrenzen; Optimierung von Extraktionsmethoden, Probenaufbereitung und Konzentrationstechniken für In-vitro-Bioassays; chemische Analyse für Stoffgruppen, die von In-vitro-Bioassays nicht abgedeckt werden)
2. Analyse ausgewählter verpackungsrelevanter Recyclingmaterialien (PE, PP, PET, PS) mit In-vitro-Bioassays und chemischen Methoden (GC, HPLC, MS)
3. Ermöglichung der Verwendung von recycelten Verpackungsmaterialien ohne Sicherheitseinbußen

Im WP2 wurden die erforderlichen Nachweisgrenzen für DNA-reaktive Karzinogene in Recyclingmaterialien basierend auf Migrationsmodellen und Expositionsabschätzungen von vier Polymeren an 11 verschiedenen Anwendungsszenarien berechnet. Bei hochdiffusiven Polymeren wie HDPE und PP wurde mit einem Totalübergang der Substanzen gerechnet, dabei lagen die Nachweisgrenzen zwischen 0,0021 mg/kg (Milchflasche für Kleinkinder) und 0,536 mg/kg (Deckel für Instantkaffee). Bei niedrigdiffusiven Polymeren wie PET und PS diente ein aktivierungsenergie-basiertes Diffusionsmodell als Berechnungsgrundlage. Die realistischen Nachweisgrenzen bewegten sich zwischen 0,0011 mg/kg (PET Flasche für Babywasser bezogen auf niedrige Molekulargewichte) und 2030 mg/kg (PS Jogurt Becher für Kleinkinder bezogen auf hohe Molekulargewichte). Basierend auf den Diffusionskoeffizienten und Aktivierungsenergien migrieren höhermolekulare Substanzen nur noch in sehr geringen Umfang, weshalb höhere Konzentrationen in den recyclathaltigen Verpackungen toleriert werden können.

In WP 3 wurde eine Probenaufarbeitungsmethode entwickelt und optimiert, mit der die repräsentative Extraktion und Konzentration von DNA-reaktiven genotoxischen Substanzen aus post-consumer-Materialien ermöglicht wurde. In WP 5 wurde eine Methode entwickelt

und optimiert zur Durchführung von Ames-Assays an Polymer-Extrakten. Die ideale Kombination der Versuchsparameter wurde an 208 Proben mit zwei Teststämmen (TA98 und TA100) mit und ohne Zusatz von Rattenleber-S9 sowie mit und ohne Zusatz einer Spike-Kontrolle durchgeführt. Ein Großteil der Proben führte bei TA98 ohne S9 zu toxischen Effekten, die auch durch eine Anpassung der Kontrollsubstanz nicht aufgehoben wurden. Bei Untersuchungen mit dem Stamm TA100 war die Mehrzahl der Ergebnisse mit und ohne Zusatz von S9 unauffällig. Ein unerwartet großer Anteil der Proben (ca. 35 %) zeigte im Ames-MPFTM-Test mit TA98 mit dem Zusatz von S9 eindeutig und reproduzierbar positive Ergebnisse.

In WP 4 wurden insgesamt 208 Proben chemisch auf flüchtige Verbindungen und Additive analysiert und identifizierte Substanzen toxikologisch klassifiziert. Nicht identifizierte Substanzen wurden als potentiell genotoxisch eingestuft. Dabei waren Unterschiede zwischen den Polymeren in der Anzahl der gefundenen Substanzen und der Anzahl der als toxikologisch auffällig bewerteten Substanzen nachweisbar (PET weniger "non-intentionally added substances" NIAS, Polyolefine mehr NIAS), jedoch war die Diffusionsfähigkeit nicht der einzige Einflussfaktor. Post-consumer-Substanzen wurden häufiger als toxisch auffällig bewertet im Vergleich zu Verbindungen aus Neuware-Materialien, jedoch kamen post-consumer-Substanzen seltener in den Kunststoffen vor und korrelierten seltener mit einer mutagenen Einordnung aus den Ames Tests. Bei Polyolefinen und Polystyrol wurden positive Ergebnisse in den Ames Tests erhalten, bei PET waren alle gemessenen Proben im Ames Tests eindeutig negativ. Korrelationen zwischen enthaltenen Substanzen und mutagener Einordnung bei Polyolefinen und Polystyrol waren teilweise vorhanden, jedoch könnten diese auch zufällig sein. Kausalitäten waren oft unwahrscheinlich, jedoch könnte ein gemeinsamer kausaler Faktor oxidativer Stress sein. Die mutagen eingeordneten Proben waren im Score nicht eindeutig von den nicht mutagen eingeordneten Proben abgrenzbar. Eindeutige Aussagen sind auf Basis der flüchtigen Substanzen nicht möglich.

Da es aufgrund der Einschränkungen bedingt durch die COVID19-Situation zu Verzögerungen kam und die Projektlaufzeit auf österreichischer Seite verlängert wurde, liegen die Ergebnisse von WP6 und WP7 noch nicht vollständig vor.

Da flüchtige Verbindungen als direkte Ursache der mutagenen Wirkung in den Ames-Tests ausgeschlossen werden konnten wurden Vorversuche zur Ursachenfindung innerhalb anderer Substanzklassen durchgeführt. Bisherige Ergebnisse diskutierten eine Kontamination mit MOAH, Mykotoxinen oder Druckfarbenreaktionsprodukten. Für Mineralölkomponenten sprach eine Korrelation zwischen mutagener Einordnung der Probe und dem MOAH-Gehalt, allerdings führte die Untersuchung der MOAH-Fraktion zu negativen Ames-Tests. Da die mutagene Wirkung nur bei Zugabe von Leberenzymen auftrat, wurde eine Kontamination mit Mykotoxinen, insbesondere Aflatoxin, vermutet, jedoch konnte dieses in den Polymeren nicht nachgewiesen werden. Auffällig war, dass der mutagene Effekt nur bei reextrudiertem Granulat und nicht bei Flakes auftrat. Dies sprach für eine Aktivierung der DNA-reaktiven Wirkung bei Temperatureinfluss, was im Labormaßstab bestätigt werden

konnte. Die Untersuchung verschiedener Druckfarben ergab einen Anstieg der mutagenen Wirkung bei der Verwendung von Nitrocellulose. Die analytische Charakterisierung der Farben lieferte eine Einschränkung auf kleine organische nicht-flüchtige Moleküle, welche über polare funktionelle Gruppen verfügen, wie beispielsweise Nitroverbindungen. Solche Substanzen als Ursache für die DNA-reaktive Wirkung sind plausibel und erklären die fehlende Korrelation mit flüchtigen Verbindungen. Im Folgeprojekt „Safecycle“ sollen diese Verbindungen analysiert werden und die Ursache für die DNA-reaktive Wirkung gefunden werden, damit ihr Vorkommen in Kunststoffen in Zukunft reduziert oder vermieden werden kann und recycelten Verpackungsmaterialien ohne Sicherheitseinbußen verwendet werden können.

Insgesamt wurde eine Teststrategie für DNA-reaktive Substanzen aus Kunststoffen entwickelt und validiert und die chemische und in-vitro-Bioassay Analytik auf ausgewählte Proben angewendet. Allerdings konnte keine eindeutige Korrelation zwischen mutagen eingeordneten Proben und detektierten Substanzen gefunden werden, sodass bei Polyolefinen und Polystyrol keine Verwendung von Recycling-Kunststoffen ohne Sicherheitseinbußen möglich ist. Jedoch bietet das Forschungsvorhaben „SafeCycle“ großes Potential, dieses Ziel in Zukunft zu erreichen.

IVLV-Mitglieder können den vollständigen Projektabschlussbericht auf unserer Homepage herunterladen. Hierzu ist nur eine Anmeldung in der Rubrik [„Meine IVLV“](#) erforderlich. Nicht-Mitglieder können den Abschlussbericht bei der IVLV-Geschäftsstelle unter office@ivlv.org anfordern.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk
Mittelstand

Das IGF-Vorhaben 258 EN der Forschungsvereinigung Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e. V. – IVLV, Giggenhauser Str. 35, 85354 Freising, wurde über die AiF im Rahmens des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) und –entwicklung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.