



SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE CYCLES

**NACHHALTIGKEIT &
KREISLAUFWIRTSCHAFT**



INHALT

I. Kreislauffähigkeit von Kunststoffen	2
II. Technologie- & Verfahrensentwicklung	2
III. Methodisches Know-How	3
IV. Effiziente Kreislaufführung	4

I. KREISLAUFFÄHIGKEIT VON KUNSTSTOFFEN

Ausbau und Einsatz innovativer Umwelttechniken und -technologien zählen zu den wichtigsten Zukunftsfaktoren zur Steigerung der Ressourceneffizienz und zu einer erfolgreichen Transformation hin zur Green Economy als weltweites Modell für nachhaltiges Wirtschaften. Ziel ist die Entkopplung des wirtschaftlichen Wachstums vom Rohstoffverbrauch bei verringertem Rohstoffeinsatz. Dafür müssen Stoffkreisläufe geschlossen und optimiert werden. Viele Arten von Kunststoffen und Kunststoffverbunden (wie z. B. faserverstärkte Kunststoffe) können erheblich zur Steigerung der Ressourceneffizienz beitragen.

Die Recyclingbranche hat sich als wichtiger Rohstofflieferant etabliert, womit auch ein Imagewandel vom Abfallverwerter zum Produzenten hochwertiger Sekundärrohstoffe einherging. Allerdings auch nur durch eine umfassende Neuorientierung der Kunststoffverwertung, weg von der Deponierung und Verbrennung, hin zu einem hochwertigen, werkstofflichen und qualitätsgesicherten Kreislauf, kann es mittel- und langfristig gelingen, die zu erwartenden Recyclingquoten zu erfüllen.

Produzenten aus verschiedenen Branchen verpflichten sich zunehmend auch freiwillig, mit der Werkstoff- und Zulieferindustrie bei der Erzeugnisherstellung verstärkt Recyclingmaterialien zu verwenden, um die Märkte für Rezyklate auszubauen. Die Chancen der Nutzung von Sekundärkunststoffen haben sich zudem durch die begrenzte Verfügbarkeit von Neuware sowie den hohen Kostendruck in der Produktion deutlich erhöht. Für hochwertige, qualitätsgeprüfte Sekundärrohstoffe, die kostengünstiger als Neumaterialien sind, bieten sich somit begünstigte Möglichkeiten für die Markteinführung.

Der ökologische Aspekt, Produktions- und Konsumtionsabfälle als Rohstoffquellen in den Wirtschaftskreislauf wieder zu integrieren, ist unbestritten, setzt aber auch die stetige Entwicklung von methodischem und technologischem Know-how zur Wiederaufbereitung von Kunststoffen zu qualitativ hochwertigen, reproduzierbaren Rezyklaten sowie zu ökologischen und ökonomischen Aufbereitungstechnologien voraus. Um diesen Anspruch zu verwirklichen, sind wir forschungs- und entwicklungsintensiv auf dem Gebiet der Trenntechnik und des Kunststoffrecyclings tätig. Unser technologieorientiertes Unternehmen zeichnet sich durch eine über 30 Jahre gewachsene Spezialisierung in der selektiven Trennung nach der Dichte und der Verbundtrenntechnik von technischen Kunststoffen.

Vorhandene Kunststoffe aus langlebigen Produkten sind durch Logistik- und Sammelsysteme für das Recycling verfügbar. Während es die Aufgabe der Politik ist, die Ziele der nachhaltigen Entwicklung zu bestimmen und diese durch Gesetze und Verordnungen durchzusetzen und somit Mengenaufkommen zu sichern und zu kontrollieren, sind nun die Wissenschaft und Wirtschaft aufgefordert, Methoden zu erarbeiten und Anlagenkapazitäten zu errichten, mit denen die Umsetzung dieser Ziele in der Praxis erfolgen kann.

Die Fortschritte in der Gesetzgebung erfordern im gesellschaftlichen Interesse dringenden Handlungsbedarf für innovative Verwertungswege und Massenstromtechnologien. Entwicklungen zu Kunststoffrecyclingverfahren für Massenströme langlebiger Abfallprodukte stoßen aber aufgrund der Zunahme der Verbundkunststoffe noch an technologische Grenzen. Es ist für unser Unternehmen deshalb von firmenstrategischer Bedeutung, rechtzeitig auf die Überwindung dieser Grenzen hinzuwirken.

Der Stand der Trenntechnik wird durch die Qualität des Rezyklats definiert. Während in den Anfangsjahren des Kunststoffrecyclings die Auffassung vertreten wurde, die Qualität des Rezyklats an der Neuware zu messen, setzt sich mittlerweile durch langjährige Praxiserfahrungen die Auffassung durch, die Rezyklate als neue Kunststoffsorte zu verstehen, d. h. angepasste neue physikalische-mechanische Prüfverfahren zu entwickeln und daraus die Einordnung in Kunststoffverarbeitungstechnologien vorzunehmen. Die Qualität des Rezyklats charakterisiert sich somit über seine anwendungstechnischen Eigenschaften. Technische Kunststoffe sind wertvoller als Massenkunststoffe, stellen aber wesentlich höhere Anforderungen für den Wiedereinsatz.

Mit der Weiterentwicklung des Kunststoffrecycling werden die Erwartungen an erarbeitete Sortier-, Trenn-, Aufbereitungs- und Anwendungsverfahren sich auf das konkrete Produkt, auf den konkreten Abfall, auf den konkreten Kunststoff beschränken und die Hoffnung auf allumfassende Technologien und gelöste Probleme im Kunststoffrecycling schwindet. Eine ebenso weitgehende Rückführung der aus den langlebigen Produkten stammenden Kunststoffe in den Wirtschaftskreislauf scheitert bisher an fehlenden verfahrenstechnischen Lösungen für eine Trennung der Kunststoffe aus den anfallenden Mischfraktionen.

II. TECHNOLOGIE- & VERFAHRESENTWICKLUNG

Hersteller praktizieren teilweise bereits Rücknahme, Wiederverwendung, Recycling und Verwertung ihrer Produkte. Die qualitativ hochwertige Trennung von Zwei- und Mehrstoffgemischen ist hierbei nach wie vor eine der wichtigsten Aufgaben. Die sortenreine Trennung dieser Materialien ist vorwiegend für Materialströme ohne Komplizierung mit Kunststoffverbunden gelöst.

Trotz vielversprechender Arbeiten zur recyclinggerechten Konstruktion der letzten 20 Jahre ist ein gegenläufiger Trend zum verstärkten Einsatz von Verbundwerkstoffen zu verzeichnen. Dies lässt die existierende Schere zwischen den Gegebenheiten der Primärproduktion und den Kenntnissen sowie dem methodischen Know-



how zur Rückführung wesentlicher Komponenten in den Wirtschaftskreislauf weiter auseinanderklaffen. Bis auf Ausnahmen entziehen sich Kunststoffverbunde gegenwärtig noch einem werkstofflichen Recycling. Komplexe kunststoffhaltige Produkte sind jedoch oftmals schwer zu recyceln. Es sind Strategien zu entwickeln bzw. fortzuentwickeln, die eine nachhaltige Bewirtschaftung dieser Materialien stärken.

Keines der weltweit untersuchten automatischen Sortierverfahren wie MIR-, NLR-, Raman-, Pyrolyse IR-Spektroskopie u.s.w. erfüllt das Spektrum der Anforderungen zur Identifizierung und Sortierung der Kunststoffe aus langlebigen Produkten. Hindernisse sind die größere Anzahl von unterschiedlichen Kunststoffarten, -sorten, und insbesondere die Unzulänglichkeiten von realen Abfallgemischen wie die größere Breite an Fremdmaterialien, Verunreinigungen wie Metalle, Elastomere, Schäume, Fasern und Schmutz, die Störungen bei der Identifizierung und Sortierung bewirken. Selbst bei einer 100%-igen Identifizierung der Kunststoffart stellen die aussortierten Stücke Verbunde dar (Papierlabel, Klebstoff, Metallschraubverbindungen etc.).

Für die Herstellung von qualitativ hochwertigen Rezyklaten haben sich in der Praxis bisher ausschließlich Dichtesortierverfahren durchgesetzt (Schwimm-Sink-Trennung, Zentrifugaltrennung). Der Stand der Technik sind die Wassertrennstufe und die Trennungen in Trennmedien bis zur Dichte $1,1 \text{ g/cm}^3$. Wir verfügen weltweit als einzige Firma über Know-how zur Trennung von Kunststoffen mit einer Dichte $> 1,1 \text{ g/cm}^3$ bis $1,2 \text{ g/cm}^3$. Bisher gibt es kein Verfahren, die eine solche hohe Sortenreinheit bei der Trennung ermöglichen, wie sie in unserem Dichtetrennverfahren erreichbar ist.

Unsere Entwicklungen zielen vorrangig auf das Marktsegment der hochreinen, qualitätsgeprüften reproduzierbaren Sekundärkunststoffen für deren Wiedereinsatz in Spritzguss- und Extrusionsverfahren. Der neue Sekundärkunststoff muss wirtschaftlich die zusätzliche Verfahrensstufe tragen. Auf diese Randbedingungen muss sich die Verfahrensentwicklung gründen. Mit den angestrebten Entwicklungsvorhaben wird die Zielstellung verbunden weitere Kunststoffe als Sekundärrohstoff aus einem Abfallgemisch zurückzugewinnen, um ein neues Recyclingprodukt dem Markt zur Verfügung zu stellen.

Die Erarbeitung der Technologie für die Rückführung eines neuen Sekundärkunststoffes in den Produktionskreislauf, also eines neuen Produktes, ist die übergeordnete Zielstellung eines Entwicklungsvorhabens auf dem Gebiet des Kunststoffrecyclings. Sie umfasst die Gesamtheit der zur Gewinnung des Sekundärkunststoffes nötigen Prozesse, Prozesskontrollen, Verfahren und Produktionstechniken. Die erste Voraussetzung für die Erarbeitung von Markenprodukten ist die messbare Reproduzierbarkeit in den anwendungstechnischen Anforderungen bzw. der stofflichen Zusammensetzung des Rezyklats, um die einzelnen Aufbereitungsprozesse Sammeln, Sortieren, Trennen, Regranulieren und Wiederverarbeitung steuern zu können.

Diese Forderung nach Reproduzierbarkeit und Qualitätsstandards ist unabhängig von der Wertigkeit des Endproduktes, ob der Wiedereinsatz der Kunststoffe zu Parkbänken oder technischen Produkten erfolgt. Die Varianten Down-Recycling oder hochwertiges Recycling stehen gleichberechtigt nebeneinander und werden durch den Inputstrom und der daraus abgeleiteten Apparate- und Verfahrenstechnik zur Erreichung einer reproduzierbaren Qualität der Kunststoff-Rezyklate bestimmt.

Die Zielstellung und der Neuigkeitswert von Entwicklungsvorhaben besteht in der Verfahrensentwicklung zur Isolierung von ausgewählten Kunststoffverbunden (Kunststoffgemische aus komplexen Abfallströmen) bzw. zur Verbundtrennung, einschließlich der Trenn- und Waschkreisläufe sowie in der Erarbeitung einer Prozessanalyse zur Identifizierung, quantitativen und qualitativen Analyse von Verbundkunststoffen, zum Verbundaufschluss und zur Reinheitsbestimmung der Kunststoffe sowie der methodischen Erweiterung der Dichtefraktionsanalyse.

Als Ergebnis muss das neue Verfahren im halbtechnischen Maßstab erprobt sein und es gestatten, nach einer Optimierungs-, Investitions- und Markteinführungsphase, ein neues Erzeugnis (in Form eines neuen Sekundärrohstoffes) wirtschaftlich zu produzieren. Stofflich wird vorrangig auf die Rückführung technischer Kunststoffe wie ABS und PC orientiert.

III. METHODISCHES KNOW-HOW

Die von der Gründerin Dr. Ingeborg Pagenkopf entwickelte Dichtefraktionsanalyse (DFA) ist nach wie vor das einzige auf dem Markt befindliche Verfahren zur qualitativen und quantitativen Analyse der Zusammensetzung von Kunststoffgemischen. Mit der DFA, die unscharf genug ist, um mit den Problemen großer Haufwerke wie homogene, inhomogene Verteilungen der Bestandteile und extreme Verunreinigungen zurechtzukommen, und genau genug ist, um stoffliche Strukturen und deren Trennbarkeit im Abfall zu ermitteln, wird uns eine Methode zur Analyse und Bewertung von Abfallströmen geboten, die modernsten Ansprüchen an Reproduzierbarkeit, Vielfalt und Effektivität gerecht wird.

Wir nutzen die Dichtefraktionsanalyse für die prozessbegleitende Analytik zur technologischen Steuerung der Aufbereitung und Verwertung von Kunststoffgemischen, die Bestimmung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung von Stoffströmen gleicher Provenienz sowie für die Bewertung der Trennbarkeit von Kunststoffgemischen und der Leistungsfähigkeit von Trennverfahren.

Kunststoffgemische als Gemische unterschiedlicher Sorten oder Arten sind in der Regel nicht wieder stofflich verwertbar. Die zu lösenden Fragestellungen bei der Entwicklung von Recyclingverfahren sind:

- Ist das Kunststoffgemisch trennbar?
- Welche der Eigenschaften sind es, die eine rentable Kennung und somit Differenzierung im Trennprozess zulässt?



- In welcher Reinheit sind die Kunststoffe trennbar?
- Welche Ausbeute an Kunststoff (Wertprodukt) wird erhalten?
- Welche Qualität haben die getrennten Kunststoffe für den Wiedereinsatz in die Produktion?

Jeder Stoff ist u.a. durch seine Dichte gekennzeichnet. Dieser Parameter gewährleistet eine Zuordenbarkeit zu Kunststoffarten und ist der Ausgangspunkt für die von uns erarbeitete Methode, um Kunststoffgemische in ihre Einzelkomponenten aufzutrennen, verschmolzene Produkte, gefüllte oder verstärkte Kunststoffe definitiv von nicht modifizierten Materialien abzugrenzen und zu trennen.

Mit der speziell entwickelten DFA besteht die Möglichkeit in Trennschritten, deren Intervalle von 0,01 bzw. 0,001 g/cm³ gewählt werden können, das Dichtefeld der Kunststoffgemische aufzunehmen. So werden die Polymerarten, zum Teil die Polymerarten, voneinander getrennt. Es entstehen Dichtespektren mit einer hohen Auflösung und einer guten Reproduzierbarkeit. Eine quantitative Auswertung mittels DFA, lässt die Prognostizierung von Mengenbilanzen aufzutrennender Kunststoffe zu.

Die Auswahl der Anlagentechnik und der Entwicklung der Verfahrenstechnik für jegliche Trennverfahren wird vom Input, Massestrom und der geforderten Endqualitäten der zu trennenden Kunststoffe bestimmt. Die Methodik der Dichtefraktionsanalyse bietet im Vorfeld von Technologieentwicklungen im Recyclingbereich, Aufwand, Nutzen, entstehende Produkteigenschaften und damit verbundene neue Märkte und Einsatzgebiete zu überprüfen, um unternehmensbezogen die effektivste Variante zu finden.

Aufbauend auf diese Methode sind durch systematische Verfahrensentwicklungen der letzten Jahrzehnte neue Kunststofftrenntechnologien sowie Produktentwicklungen von Sekundärkunststoffen entwickelt worden. Die Produkterneuerungsrate war bisher eine der wichtigen Grundlagen für die erfolgreiche Unternehmensentwicklung.

IV. EFFIZIENTE KREISLAUFFÜHRUNG

Der Druck, Entwicklungen zu neuen Verfahrensstufen aufzunehmen, geht vom wachsenden und stofflich komplizierter werdenden Abfallaufkommen bzw. Variationsbreiten der Kunststoffzusammensetzung aus. Dominiert wird die Gestaltung eines konkreten Trennverfahrens aber letztendlich vom Input und von den Vermarktungsbedingungen der Sekundärkunststoffe.

Die Erzeugnisse der Elektronik-, Medizintechnik- und Automobilindustrie sind durch immer kürzere Produktionszyklen, basierend auf einem stetig steigenden Forschungs- und Entwicklungsaufwand, gekennzeichnet. Ihre immer ausgefeilteren und komplexeren Produktionstechniken stellen höhere Ansprüche an das Recycling. Mit eigenen Verfahrensentwicklungen haben wir uns bisher stets auf diese Realitäten eingestellt. Nur durch den Direktkontakt zu Herstellern, um notwendige Informationen zu den Herstellver-

fahren von Verbundwerkstoffen und zum Anteil im gesamten Produktionsabfall zu gewinnen, ergibt sich auch die Möglichkeit der Rückführung der sauber getrennten Hauptkomponenten in den Produktionsprozess, der eine wesentlich höhere Wertschöpfung ermöglicht, als die Markteinführung in artfremde Anwendungsgebiete.

Oftmals wird übersehen, dass es bei Neuware gleichfalls unterschiedliche Sorten einer Kunststoffart für unterschiedliche Anwendungsgebiete gibt, bzw. für spezifische Anwendungen werden maßgeschneiderte Polymertypen entwickelt. Die Umstellung von einer Type auf eine andere erfordern in der Regel Testphasen und Anpassungsarbeiten in der Verarbeitungstechnologie. Üblich ist auch die Einordnung in A-Ware, bzw. NT-Ware (nicht typgerecht). Bei Rezyklaten wird durchweg die gleiche Qualität erwartet. Der Ursprung dieser Erwartungshaltung liegt weniger in der Akzeptanz von A-Ware und NT-Ware von Rezyklaten, sondern mehr darin, dass die Erarbeitung von Markenprodukten aus Rezyklaten noch erheblichen Entwicklungsbedarf erfordert. Unter gleicher Qualität wird die gleich gute Verarbeitbarkeit verstanden als Mindestanforderung.

Für einen Industriestaat mit einem ständig steigenden Abfallaufkommen an technischen Kunststoffen aus zahlreichen Industriemärkten, einer ausgeprägten Infrastruktur im Bereich Recycling/Abfallwirtschaft werden die zu erwartenden Ergebnisse von innovativen Produktkreisläufen auch Auswirkungen auf die Auslastung, Erweiterung und Strukturierung von Aufbereitungsanlagen für Kunststoffgemische der Entsorgungswirtschaft haben. Die Produktion- und Markteinführung der Trennung weiterer Kunststoffverbunde aus den Industriebereichen selbst bietet erstmals in Deutschland eine Dienstleistungskapazität für ausgewählte Abfallgruppen an, die bisher einem werkstofflichen Recycling nicht zugänglich sind. Zusätzlich wird eine Reduzierung der Abfallmenge bei gleichzeitiger Ressourcenschonung und Deponieentlastung erwartet.

Im Rahmen der Folgeschritte mit dem Charakter industrieller Forschung werden neue Lösungsansätze gemeinsam mit den kunststoffverarbeitenden Produzenten erarbeitet und die Machbarkeit geklärt. Schrittweise sollen Kunststoffverbunde aus Abfallströmen mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad einbezogen werden. Es soll verhindert werden, dass nur Teillösungen erarbeitet werden, die auf ausgewählte Produktionsabfälle zutreffen und ein geringes Marktvolumen haben, bzw. durch neue Entwicklungen sofort wieder verdrängt werden. Aus diesem Grunde ist die Gewinnung neuer Erkenntnisse über Anforderungen an bisher bei der Abfalltrennung noch nicht praktizierte vor- und nachzuschaltende Prozessschritte von unschätzbarem Wert. Sie bestimmen letztendlich die Wirtschaftlichkeit des Gesamtverfahrens.

ATP 2024

ATP S&C GMBH

Industriestr. 12-14
15366 Hoppegarten

+49 (0)3342 4246 830
info@atp-recycling.de

www.atp-recycling.de