

SORTIERUNG UND RECYCLING VON KUNSTSTOFFABFÄLLEN IN ÖSTERREICH: STATUS 2019

Christian Neubauer
Barbara Stoifl
Maria Tesar
Peter Thaler

Projektleitung

Christian Neubauer

AutorInnen

Christian Neubauer

Barbara Stoifl

Maria Tesar

Peter Thaler

Lektorat

Patricia Erler

Satz/Layout

Thomas Lössl

Umschlagphoto

© Umweltbundesamt/C. Neubauer (aufgenommen bei einem Anlagenbesuch der Sortieranlage in Graz mit freundlicher Genehmigung der Saubermacher Dienstleistungs AG)

Die in dieser Publikation enthaltenen Fotos wurden uns dankenswerterweise von den Betreibern für die Veröffentlichung zur Verfügung gestellt.

Diese Publikation wurde im Auftrag vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Abteilung V/3, erstellt.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Das Umweltbundesamt druckt seine Publikationen auf klimafreundlichem Papier.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2021, 2. korrigierte Auflage
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 978-3-99004-565-7

INHALT

| | |
|---|----|
| ZUSAMMENFASSUNG | 7 |
| 1 SUMMARY | 17 |
| 2 EINLEITUNG | 25 |
| 2.1 Hintergrund | 25 |
| 2.2 Aufgabenstellung und Ziele | 27 |
| 3 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN | 28 |
| 3.1 Klassifizierung von Kunststoffabfällen | 28 |
| 3.2 Anforderungen an die Sammlung und getrennte Erfassung von Kunststoffabfällen | 32 |
| 3.3 Anforderungen an die Behandlung | 39 |
| 3.4 Recyclingziele | 40 |
| 3.5 Abfallende und Nebenproduktregelungen | 43 |
| 3.6 Anforderungen an den Umgang mit Schadstoffen beim Recycling von Kunststoffen | 45 |
| 3.7 Verbringung von Kunststoffabfällen aus/nach Österreich | 47 |
| 4 ANLAGEN ZUR SORTIERUNG/AUFBEREITUNG VON KUNSTSTOFFABFÄLLEN – ZUSAMMENFASSUNG AUSGEWÄHLTER BEISPIELE | 52 |
| 4.1 Übersicht der ausgewählten Sortieranlagen | 52 |
| 4.2 Übernommene Kunststoffabfälle bzw. kunststoffhaltige Abfälle | 52 |
| 4.2.1 Art, Menge und Herkunft | 52 |
| 4.2.2 Antransport (Gebinde, Transportmittel) | 53 |
| 4.2.3 Qualitätssicherung Inputmaterial | 53 |
| 4.3 Zielfraktionen aus der Sortierung von Kunststoffabfällen bzw. kunststoffhaltigen Abfällen | 54 |
| 4.3.1 Art, Menge und Verbleib | 54 |
| 4.3.2 Abtransport (Gebinde, Transportmittel) | 55 |
| 4.3.3 Qualitätssicherung | 55 |
| 4.4 Restfraktionen aus der Sortierung von Kunststoffabfällen bzw. kunststoffhaltigen Abfällen | 55 |
| 4.4.1 Art, Menge und Verbleib | 55 |
| 4.4.2 Abtransport (Gebinde, Transportmittel) | 56 |
| 4.5 Technische Prozesse zur Sortierung/Aufbereitung für Kunststoffabfälle bzw. kunststoffhaltige Abfälle | 57 |
| 4.5.1 Sortier- und Aufbereitungsprozesse | 57 |
| 4.5.2 Qualitätssicherungsprozesse | 58 |
| 4.5.3 Energie-, Wasser- und Betriebsmittelverbrauch | 58 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.5.4 | Emissionen in Luft und Wasser und Emissionsminderungsmaßnahmen | 58 |
| 5 | ANLAGEN ZUM RECYCLING VON KUNSTSTOFFABFÄLLEN IN ÖSTERREICH – ZUSAMMENFASSUNG AUSGEWÄHLTER BEISPIELE | 59 |
| 5.1 | Übersicht der ausgewählten Kunststoffrecyclinganlagen | 59 |
| 5.2 | Übernommene Kunststoffabfälle bzw. kunststoffhaltige Abfälle und weitere Einsatzstoffe im Recyclingprozess | 60 |
| 5.2.1 | Art, Menge und Herkunft der übernommenen Kunststoffabfälle bzw. kunststoffhaltigen Abfälle und weiterer Einsatzstoffe | 60 |
| 5.2.2 | Antransport (Gebinde, Transportmittel) | 64 |
| 5.2.3 | Qualitätssicherung der übernommenen Kunststoffabfälle und kunststoffhaltigen Abfälle | 64 |
| 5.3 | Output aus Kunststoffrecyclinganlagen | 66 |
| 5.3.1 | Art, Menge und Verbleib der Ziel-, Neben- und Restfraktionen | 67 |
| 5.3.2 | Qualitätssicherung | 74 |
| 5.3.3 | Abtransport (Gebinde, Transportmittel) des Kunststoffrezyklates | 75 |
| 5.4 | Aufbereitungs- und Recyclingprozesse der ausgewählten Kunststoffrecyclinganlagen | 76 |
| 5.4.1 | Mechanische Aufbereitung und Sortierung | 76 |
| 5.4.2 | Recyclingprozesse | 80 |
| 5.4.3 | Abfallende von Kunststoffabfällen in Kunststoffrecyclinganlagen | 80 |
| 5.4.4 | Qualitätssicherungsprozesse | 81 |
| 5.4.5 | Energieverbrauch | 82 |
| 5.4.6 | Emissionen in Luft und Wasser und Emissionsminderungsmaßnahmen | 83 |
| 6 | DERZEIT AM MARKT VERFÜGBARE SORTIER- UND RECYCLINGTECHNOLOGIEN FÜR KUNSTSTOFFABFÄLLE | 84 |
| 6.1 | Materialaufgabe und -lagerung | 84 |
| 6.2 | Materialvereinzelung | 84 |
| 6.3 | Fördersysteme | 84 |
| 6.4 | Kompaktierung/Verpressung | 85 |
| 6.4.1 | Perforator/Flaschenquetsche | 85 |
| 6.4.2 | Abfall- und Ballenpressen | 85 |
| 6.5 | Zerkleinerung | 85 |
| 6.5.1 | Grobzerkleinerung | 85 |
| 6.5.2 | Feinzerkleinerung/Nachzerkleinerung | 86 |
| 6.5.3 | Feinstzerkleinerung | 87 |
| 6.6 | Waschverfahren | 88 |
| 6.6.1 | (Vor-)Waschtrommel | 88 |

| | | |
|--------|---|------------|
| 6.6.2 | Friktionswäscher/Friktionsabscheider | 88 |
| 6.6.3 | Karussell-(Rundtakt)Waschmaschine | 89 |
| 6.7 | Trocknung | 89 |
| 6.7.1 | Mechanische Trockner/Trockenreiniger | 89 |
| 6.7.2 | Thermische Trockner | 90 |
| 6.7.3 | Infrarot Drehrohr (IRD) | 90 |
| 6.7.4 | Kristallisationstrockner | 90 |
| 6.8 | Sortierung | 91 |
| 6.8.1 | Siebklassierung | 91 |
| 6.8.2 | Dichtentrennverfahren | 93 |
| 6.8.3 | Ballistische Separatoren | 94 |
| 6.8.4 | Sortieren im Magnetfeld/elektrischen Feld | 95 |
| 6.8.5 | Sensorgestützte, optische (opto-elektronische) Sortierverfahren | 96 |
| 6.8.6 | Händische Sortierung | 103 |
| 6.9 | Schmelz- und Formgebungsprozesse | 104 |
| 6.9.1 | Extrusion | 105 |
| 6.9.2 | Spritzgieß- bzw. Spritzpressverfahren | 107 |
| 6.9.3 | Intrusion | 108 |
| 6.9.4 | Sinterpressverfahren | 108 |
| 6.10 | PET-Recyclingprozesse für den Lebensmittelbereich | 108 |
| 6.10.1 | Beispiel: URRC-Verfahren | 110 |
| 6.10.2 | Beispiel: Festphasen-Polykondensation (Solid State Polycondensation SSP) | 111 |
| 6.10.3 | Beispiel: Starlinger recoSTAR PET (HC) iV+ Technologie | 112 |
| 6.10.4 | Beispiel: VACUREMA® Bottle-to-Bottle Verfahren, Firma EREMA | 112 |
| 6.10.5 | Beispiel: VACUNITE® Bottle-to-Bottle Verfahren, Firma EREMA | 113 |
| 6.10.6 | Beispiel: XTREME Renew Flakes to Preform System | 113 |
| 6.10.7 | Beispiel: PET-Recyclingverfahren Firma Kronos | 113 |
| 6.10.8 | Forschungsvorhaben „UpcyclePET“ | 115 |
| 6.11 | Rohstoffliche Verwertung | 115 |
| 6.11.1 | Pyrolyse | 115 |
| 6.11.2 | Thermolyse | 116 |
| 6.11.3 | Lösemittelbasiertes Recycling | 118 |
| 7 | HEMMNISSE UND TREIBER FÜR DAS KUNSTSTOFFRECYCLING IN ÖSTERREICH AUS SICHT DER AKTEURE | 121 |
| 7.1 | Hemmnisse und Treiber, identifiziert bei Gesprächen mit österreichischen Anlagenbetreibern | 121 |
| 7.1.1 | Herausforderungen im Hinblick auf die Sortierung/Behandlung der Kunststoffabfälle | 121 |
| 7.1.2 | Herausforderungen im Hinblick auf die Rechts- sicherheit und rechtliche Rahmenbedingungen | 125 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 7.1.3 | Herausforderungen im Hinblick auf die Marktsituation/Marktsteuerung | 130 |
| 7.1.4 | Posterpräsentationen zu wesentlichen Treibern/Hemmnissen | 135 |
| 7.2 | Maßnahmen/Initiativen, identifiziert aus der Literatur ... | 140 |
| 8 | SCHLUSSFOLGERUNGEN | 147 |
| 9 | QUELLEN UND VERZEICHNISSE..... | 149 |
| 9.1 | Literaturverzeichnis..... | 149 |
| 9.2 | Abkürzungsverzeichnis für Bericht und Anhang..... | 150 |
| 9.3 | Rechtsmaterien mit Verweisen | 153 |
| 10 | ANHANG ANLAGENBESCHREIBUNGEN ZU SORTIERANLAGEN UND RECYCLINGANLAGEN | 156 |

ZUSAMMENFASSUNG

Auf Basis des 2015 von der Europäischen Kommission verabschiedeten Vorschlags für ein **Kreislaufwirtschaftspaket**¹ wurde 2018 die europäische **Kunststoffstrategie**² verabschiedet, welche das folgende Zukunftsbild für die Periode bis 2030 zeichnet:

- Im Jahr 2030 sollen sämtliche Kunststoffverpackungen wiederverwendbar sein oder recycelt werden können;
- Im Jahr 2030 wird mehr als die Hälfte der in der EU generierten Kunststoffabfälle recycelt;
- Die Anlagenkapazitäten für Sortierung und Recycling sollen im Jahr 2030 das Vierfache von 2015 betragen;
- Europa beweist Vorherrschaft betreffend die Entwicklung von Sortier- und Recyclingtechnologie.

Seither gesetzte **Maßnahmen umfassen vor allem den legislativen Bereich** auf europäischer Ebene. Es wurden gesteigerte Quoten für Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling von Siedlungsabfällen und Kunststoffverpackungsabfällen festgelegt (beispielsweise 50 % bis 2025). **Sammelziele für Kunststoffgetränkeflaschen und ein verpflichtender Mindestanteil des Rezyklats in Getränkeflaschen** aus Polyethylenterephthalat (PET) wurden ebenfalls festgelegt.

Vor diesem Hintergrund liefert die Studie einen Überblick über **aktuell behandelte Massenströme von Kunststoffabfällen in Österreich und realisierte technische Anlagenkonzepte** zur Sortierung und Behandlung. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse eine Einschätzung der Anlagenbetreiber zu bedeutenden Treibern beziehungsweise Hemmnissen für die Stärkung des Kunststoffrecyclings.

Insgesamt standen in Österreich entsprechend Statusbericht 2020 zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BMK, 2020) im Jahr 2018 neben **12 Anlagen zur Sortierung von ausschließlich Kunststoffabfällen zusätzlich 25 Anlagen für das Recycling von Kunststoffabfällen** zur Verfügung.

Von diesem Anlagenpark wurden vier Anlagen zur Sortierung, elf Anlagen zum werkstofflichen Recycling und eine Pilotanlage zum chemischen Recycling von Kunststoffabfällen **für die Erhebungen konsultiert**. Die Auswahl der Anlagen erfolgte mit dem Ziel, eine möglichst hohe Bandbreite an Technologien für möglichst unterschiedliche Inputmaterialien abzudecken und berücksichtigt die in Österreich etablierten Kunststoffsortier- und -recyclingtechnologien. Die Beschreibungen aller betrachteten Anlagen inklusive **Detailinformationen zu den technischen Abläufen, eingesetzten Kunststoffabfällen, erzeugten Sortierfraktionen und Recycling-Kunststoffen, An- und Abtransport sowie zur Qualitätssicherung der Prozesse** können den Anlagenberichten im Anhang zur Studie entnommen werden.

EU-Kreislaufwirtschaftspaket und Kunststoffstrategie

Anlagen zur Sortierung und zum Recycling von Kunststoffabfällen

¹ COM(2015) 614 final

² COM(2018) 28 final

untersuchte Anlagen zur Sortierung von Kunststoffabfällen

Die vier betrachteten **Anlagen zur Sortierung**³ von Kunststoffabfällen haben insgesamt eine Verarbeitungskapazität von circa 123.000 Tonnen/Jahr⁴. Sortiert werden zum überwiegenden Ausmaß Verpackungskunststoffe aus der getrennten Sammlung von Kunststoffflaschen (Hohlkörpersammlung) und der „Gelben Sack“ Sammlung. Durch die Sortierung werden sogenannte „Zielfractionen für das Recycling“ abgetrennt, das heißt Fractionen verschiedener Kunststoffarten (PET, HDPE, LDPE, PVC, GVK, PS/PP) und Metallfractionen (Eisen und Nicht-eisenmetalle). Der Anteil der Zielfractionen am Output liegt bei den vier Sortieranlagen massenmäßig zwischen 31,2 % und 38,1 %. Die Restfractionen zur thermischen Verwertung (Mischkunststofffraction, Störstoffe, u.a.) liegen bei den vier Sortieranlagen massenmäßig zwischen 61,9 % und 68,8 %. Betreffend der derzeit eingesetzten Anlagentechnik wurde von den beteiligten Betreibern bescheinigt, dass hier **Bedarf an Nachrüstung besteht** und technische Potentiale zur Erhöhung der Sortiertiefe derzeit nicht ausgeschöpft sind.

Bei den betrachteten Sortierbetrieben erfolgt die Materialanlieferung in der Regel lose oder in Gelben Säcken in Flachbunkern. Die Materialaufgabe erfolgt mittels Radlader, Radgreifern oder ähnlichen Geräten. Die Zuteilung zu den einzelnen Aggregaten innerhalb der Anlagen erfolgt meist durch Gurtbandförderer. Am Anfang der Sortierstrecken stehen oft **Ballenauflöser oder Sackaufreißer**. **Folien-splitter und ballistische Separatoren** trennen Folien und Hohlkörper (flächige und rollende Teile) voneinander, in **Trommelsieben** erfolgt eine Aufspaltung in mehrere Fractionen nach Größe. **Windsichter** kommen zur Aussortierung von feinen Folienanteilen zur Anwendung.

Fe-Magnetabscheider und NE-Abscheider trennen Eisenmetalle und andere metallische Bestandteile vom Materialstrom. Durch **manuelle Sortierung** (Lesebänder in Sortierkabinen) werden grobe Störstoffe sowie spezielle Fractionen aus der gewerblichen Sammlung aber auch Wertstoffe aussortiert. Als sensorgestützte Sortierverfahren kommen zumeist **Verfahren auf Nahinfrarot (NIR) Basis** zur Anwendung. Die Wertstofffractionen werden in der Regel mittels Pressen zu Ballen verpresst und in Hallen oder Freiflächen für den Abtransport zwischengelagert.

untersuchte Anlagen zum werkstofflichen Recycling von Kunststoffabfällen

In Österreich findet das werkstoffliche Recycling verbreitete Anwendung mit dem Ziel, (thermoplastische) Kunststoffabfälle durch Einschmelzen unmittelbar wieder in der Kunststoffverarbeitung einzusetzen.

Die elf betrachteten Anlagen zum werkstofflichen Recycling von Kunststoffabfällen haben insgesamt eine **Verarbeitungskapazität** von circa 290.000 Tonnen/Jahr. Dies entspricht etwa 70 % der Verarbeitungskapazität aller österreichischen Anlagen zum werkstofflichen Recycling von Kunststoffabfällen⁵.

³ Energie AG GmbH, Hörsching; Saubermacher Dienstleistungs AG, Graz; Tiroler Recycling GmbH, Pfaffenhofen; Sort4You GmbH, Wöbling

⁴ Im Jahr 2018 standen nach Statusbericht 2020 zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan zwölf Anlagen zur Sortierung von ausschließlich Kunststoffabfällen mit einer Gesamtverarbeitungskapazität von ca. 225.700 Tonnen zur Verfügung.

⁵ Im Jahr 2018 standen nach Statusbericht 2020 zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 25 Kunststoffrecyclinganlagen mit einer Gesamtverarbeitungskapazität von ca. 420.000 t/a zur Verfügung.

Die **eingesetzten Abfälle** stammen zum überwiegenden Teil (etwa 97 %) aus dem Post-Consumer-Bereich. Im Jahr 2018 haben die betrachteten Anlagen in Summe 240.000 Tonnen Kunststoffabfälle zur Verarbeitung übernommen. Davon entfielen rund 61.600 Tonnen auf vorsortierte Verpackungsabfälle aus PET, rund 70.300 Tonnen auf vorsortierte Verpackungsabfälle aus anderen Kunststoffen, rund 67.000 Tonnen auf kunststoffreiche Fraktionen aus Elektro- und Elektronikaltgeräten, rund 25.600 Tonnen auf Kunststoffanteile von Altreifen und Kunststoffabfälle von Fahrzeugherstellern beziehungsweise Zulieferbetrieben, rund 3.200 Tonnen auf Abfälle aus dem Gebäudesektor (Altfenster und Altrohre) und circa 1.000 Tonnen auf gebrauchte Agrarfolien. Zusätzlich wurden etwa 7.400 Tonnen Rückstände und Ausschüsse aus der kunststoffverarbeitenden Industrie wie Spritzgussware, Folien, Platten, Rohre etc. übernommen.

Die in den betrachteten Anlagen insgesamt eingesetzten Abfälle werden zu mindestens der Hälfte aus dem Ausland importiert.

Das werkstoffliche Recycling von Kunststoffabfällen umfasst zwei Hauptprozessschritte:

- eine mechanische Aufbereitung und Sortierung der – meist vorsortierten – Kunststoffabfälle zu qualitätsgesicherten Kunststoffmahlgütern beziehungsweise -flakes und
- ein anschließender Extrusionsprozess in dem Granulate, Halbfertigwaren wie Folien oder Kunststoffartikel wie Baufolien oder Müllsäcke erzeugt werden.

In zwei der untersuchten Anlagen⁶ findet lediglich der erste Prozessschritt statt.

Bei der Herstellung von Recycling-Kunststoffen für die Anwendung im Lebensmittelbereich werden zusätzlich noch Dekontaminationsschritte durchgeführt.

Aus Sicht der meisten befragten Anlagenbetreiber kommt mit der derzeit eingesetzten Anlagentechnik **ein im europäischen Vergleich guter technischer Standard beim Recycling von Kunststoffen zur Anwendung**, auch unter Berücksichtigung der laufend fortschreitenden Entwicklungen bei den Prozesstechniken.

Die mechanische Aufbereitung und Sortierung umfasst in den meisten Anlagen **manuelle** Behandlungsschritte wie Sortierung oder Zerlegung. Große Kunststoffteile können eine semi-manuelle Vorzerkleinerung zum Beispiel mittels Guillotineschere, erfordern. Zur **Zerkleinerung** und zum **Materialaufschluss** der eingesetzten Abfälle werden Ballenaufreißer, Hammermühlen, Rotorscheren, Querstromzersetzer, Schneidmühlen oder Feinmühlen (nass und trocken) betrieben. Die meisten der untersuchten Anlagen setzen sowohl **nasse** als auch **trockene Dichtentrennverfahren** (z. B. Windsichtung, Zyklone) zur Auftrennung von Kunststoffarten und zur Abscheidung von Nicht-Kunststoffen beziehungsweise Störstoffen ein. Bei Kunststoffen aus Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) erfolgt so auch die Abtrennung von Kunststoffen, die bromierte Flammschutzmittel enthalten, da diese eine höhere Dichte als vergleichbare nicht bromierte Kunststoffe haben. Rütteltische und ballistische Separatoren werden beim Recycling von Verpackungsabfällen aus PET, von Kunststoffen aus EAG sowie von Kunststoffabfällen aus dem Fahrzeugbereich eingesetzt. In allen Anlagen erfolgt eine **Metallabscheidung** (mittels Magnet- und Wirbelstromscheider sowie Allmetallseparatoren). **Elektrostatische Separation** wird zur Trennung der Zielpolymere beim

Recyclingprozess

mechanische Aufbereitung und Sortierung in Recyclinganlagen

⁶ KIAS Recycling GmbH, Ohlsdorf; RDG Plast GmbH, Gimpling

Recycling von Kunststoffen aus EAG, Altfenstern und Altrohren eingesetzt. Sensorgestützte Sortierverfahren wie **Nahinfrarot (NIR)** und **Laserdetektion** kommen bei der Aufbereitung von PET-Flaschenmaterial, Folien und Kunststoffen aus EAG zum Einsatz. **Optische Sortierung** wird in den meisten Prozessen angewendet. Die meisten Prozesse setzen Verfahren ein, bei denen das Material **gewaschen** wird (Schwimm-Sink-Trennung, Hydrozyklone, Nassschneidmühlen, Friktionswäscher etc.). Ausschließlich in den Recyclinganlagen für PET werden auch **heiße Waschverfahren** mit Chemikalienzusatz angewendet. Zur **Trocknung** der Mahlgüter beziehungsweise -flakes kommen thermische und mechanische Prozesse zum Einsatz. Am Ende der mechanischen Aufbereitung steht ein mehr oder weniger aufwändiger Qualitätssicherungsprozess.

Die **Ausbeute an qualitätsgesicherten Kunststoffmahlgütern beziehungsweise Kunststoffflakes aus der mechanischen Aufbereitung und Sortierung** hängt wesentlich von den Anforderungen an die Qualität des Rezyklats sowie von der Art der eingesetzten Kunststoffabfälle ab. Die beiden Anlagen, welche kunststoffreiche Fraktionen aus Elektro- und Elektronikaltgeräten rezyklieren⁷, erreichen Ausbeuten von 40 % beziehungsweise 63 % in Bezug zum Abfallinput. Für die beiden Anlagen, welche Kunststoffe aus dem Fahrzeugbereich rezyklieren⁸, beträgt die Ausbeute des erzeugten Mahlguts bezogen auf den Abfallinput 42 % beziehungsweise 81 %. Für die Anlagen, die vorsortierte Kunststoffverpackungen⁹ rezyklieren, wurden Ausbeuten von circa 65 % bis 75 % bezogen auf den Abfallinput¹⁰ erzielt.

Neben den **Restfraktionen**, die zumeist einer Verbrennung zugeführt werden, fallen häufig verwertbare **metallhaltige Fraktionen** an. Deren Anteil an den eingesetzten Abfällen beträgt bei den betrachteten Anlagen 2,5 % bis 16 %.

Extrusionsprozess

Im Extrusionsprozess werden die erzeugten Mahlgüter beziehungsweise Flakes aufgeschmolzen und homogenisiert, entgast, durch Filtration von Feststoffen befreit und abschließend granuliert. Eine Verarbeitung zu Halbfertigwaren wie Folien oder zu Kunststoffartikeln findet nur in wenigen Anlagen statt.

Den qualitätsgesicherten Mahlgütern beziehungsweise Flakes aus Kunststoffabfällen, die aus der mechanischen Aufbereitung und Sortierung am Standort stammen oder auch zugekauft sein können, werden im Extrusionsprozess sogenannte Additive zugemischt. Bei den betrachteten Anlagen sind dies insbesondere Farbmasterbatches, anorganische Füllstoffe wie CaCO₃ oder Talk, Schlagzähmodifikatoren, Hitzestabilisatoren, Antistatika, Trockenadditive und Granulatverbesserer. Additive machen in den von den betrachteten Anlagen erzeugten Recycling-Kunststoffen einen Anteil von wenigen Prozent bis zu 20 % aus.

Als Restfraktionen fallen bei der Extrusion Filtrerrückstände an, die verbrannt werden, sowie ein Kondensat, welches an Anlagen zur chemisch-physikalischen Behandlung übergeben wird.

⁷ MGG Polymers GmbH, Kematen; Bage Plastics GmbH, Wolfersdorf/St. Marien

⁸ KIAS Recycling GmbH, Ohlsdorf; RDG Plast GmbH, Gimpling

⁹ PET to PET Recycling Österreich GmbH, Müllendorf; PET Recycling Team GmbH, Wöllersdorf; Kruschitz GmbH, Völkermarkt (Werk 1)

¹⁰ Diese Angaben unterliegen der Beeinflussung durch unbekanntes Wassergehalte der eingesetzten Abfälle sowie der Mahlgüter bzw. Flakes

Bei der Herstellung von Rezyklaten, die für den Einsatz im Lebensmittelbereich vorgesehen sind, erfolgen zusätzliche Verfahrensschritte, die insbesondere der Dekontamination von Aromastoffen dienen. In Österreich erfolgt dies ausschließlich in den Anlagen, welche PET-Rezyklate erzeugen. Die Recyclingprozesse dieser Anlagen sind auf Basis der Vorgaben der Verordnung EC 282/2008¹¹ bei der Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) registriert beziehungsweise von dieser anerkannt. Durch die Einhaltung der in den entsprechenden Prozessbeschreibungen beschriebenen Parameter ist gewährleistet, dass die erzeugten Rezyklate die Anforderungen an Lebensmittelkontaktmaterial erfüllen¹².

Dekontamination von Rezyklaten für den Einsatz im Lebensmittelbereich

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Recycling-Kunststoffe, die in den betrachteten Anlagen erzeugt werden und über die Anwendungsbereiche, in denen sie eingesetzt werden.

erzeugte Recycling-Kunststoffe

Tabelle 1: Erzeugte Recycling-Kunststoffe und Anwendungsbereiche

| Ausgangsmaterial | Recycling-Kunststoffe | | Anwendungsbereiche |
|--|--|--|---|
| | Form | Polymer | |
| Vorsortierte Verpackungsabfälle aus PET | Mahlgut, Granulat, Folien | PET, untergeordnet PP/PE ¹³ | Lebensmittelverpackungen (v. a. Getränkeflaschen, aber auch Eiertassen, Gemüseverpackungen), Pflanzgefäße, in der Faserherstellung |
| Weitere vorsortierte Verpackungsabfälle (Folien, Hohlkörper) | Mahlgut, Granulat Müllbeutel und Baufolien | PE, PP | Verpackungen, Anwendungen im Baubereich, Transportbehälter (Kisten, Tonnen etc.) |
| Kunststofffraktionen aus der Aufbereitung von EAG | Granulat | ABS, PS, PP und PC/ABS | v. a. Elektrogeräte, Anwendungen im Fahrzeug- und Baubereich, im Gartenbau, Büroartikel |
| Kunststoffabfälle aus dem Fahrzeugbereich | Mahlgut | Gummi, diverse technische Kunststoffe | Gummi: im Sportplatzbau, für Anwendungen im Agrarbereich (z. B. Gummimatten für Tierhaltung), in Asphaltmischungen Diverse technische Kunststoffe: Abgabe v. a. an Compoudeure, endgültiger Einsatzbereich nicht bekannt |
| Altfenster und Altrohre | Granulat, Mahlgut | PVC, PP, PE | Fensterprofile, Baunebenprodukte und Transportbehälter (Kisten, Tonnen etc.) |

ABS... Acrylnitril-Butadien-Styrol, PC... Polycarbonat, PE... Polyethylen, PET... Polyethylenterephthalat, PP... Polypropylen, PS... Polystyrol, PVC... Polyvinylchlorid

¹¹ Verordnung (EG) Nr. 282/2008 über Materialien und Gegenstände aus recyceltem Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen, und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2023/2006

¹² Rechtliche Anforderungen an Lebensmittelkontaktmaterialien sind in Österreich im Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG) geregelt bzw. gelten darüber hinaus die unmittelbar anwendbaren EU-Verordnungen, die in der Anlage zum LMSVG gelistet sind.

¹³ Aus Verschlusskappen

Qualitative Anforderungen an die erzeugten Recycling-Kunststoffe ergeben sich aus:

- rechtlichen Vorgaben wie den Anforderungen an Prozesse zur Herstellung von Recyclingkunststoffen für Lebensmittelkontaktmaterial, Anforderungen der REACH Verordnung¹⁴, Stoffbeschränkungen für Anwendungen in Elektrogeräten, im Automobilsektor und in Verpackungen gemäß RoHS-Richtlinie¹⁵, EU Verpackungs-Richtlinie¹⁶ und Altfahrzeuge-Richtlinie¹⁷
- Anforderungen aus Normen und nationalen Richtlinien, wie z. B. Anforderungen an Gummigranulate gemäß der Richtlinie "Anforderungen an Kunstrasenbeläge" des Österreichischen Instituts für Schul- und Sportstättenbau (ÖISS)
- Spezifikationen von Herstellerverbänden und den einzelnen Abnehmern

rohstoffliches bzw. chemisches Recycling

Ein **rohstoffliches Recycling**, als chemischer Aufschluss von Kunststoffabfällen mit dem Ziel der Weiterverarbeitung zu Kraftstoffen oder zum Wiedereinsatz in der Petrochemie findet in Österreich derzeit nur an einem Standort in einer Pilotanlage¹⁸ statt.

Diese **Pilotanlage** hat derzeit eine Verarbeitungskapazität von maximal 800 t Kunststoffabfällen pro Jahr. Wesentlichen Input stellen Materialien wie Polyethylen (PE, z. B. aus Spielzeug, Behältern und Folien), Polypropylen (PP, z. B. aus Lebensmittelverpackungen, Automobilindustrie) oder Polystyrol (PS, z. B. aus Verpackungsmaterialien, Isolierungen) dar. Diese Materialien sind teils auch Outputfraktionen aus anderen Recyclinganlagen (Schwer-/Schlechtfraktionen). Die in der Pilotanlage gewonnenen Fraktionen werden dem Raffinationsprozess von Rohöl zugeführt und können entweder zu Kraftstoffen weiterverarbeitet oder als Input in die Petrochemie (Naphtha-Produkt) einer stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Möglichkeiten zur Stärkung des Recyclings

Die Betreiber von Sortier- und Recyclinganlagen benannten folgende **Themenfelder** betreffend Kunststoffabfälle als besonders relevant **für eine Steigerung des Recyclings**:

- Sortierung und Behandlung
- Rechtssicherheit und rechtliche Rahmenbedingungen
- Marktsituation und Marktsteuerung

Für jedes Themenfeld wurden die aus Sicht der Anlagenbetreiber bedeutendsten Einflussfaktoren benannt, welche in den nachfolgenden Abbildungen nach Priorität dargestellt werden¹⁹.

¹⁴ Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

¹⁵ Richtlinie 2011/65/EU zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten

¹⁶ Richtlinie 94/62/EG über Verpackungen und Verpackungsabfälle

¹⁷ Richtlinie 2000/53/EG über Altfahrzeuge

¹⁸ OMV Refining & Marketing GmbH, Schwechat

¹⁹ Die Bewertung der Priorität erfolgte durch ein Punktesystem in einem Workshop mit den Anlagenbetreiber. Je TeilnehmerIn konnte eine begrenzte Punkteanzahl je Einflussfaktor vergeben werden.

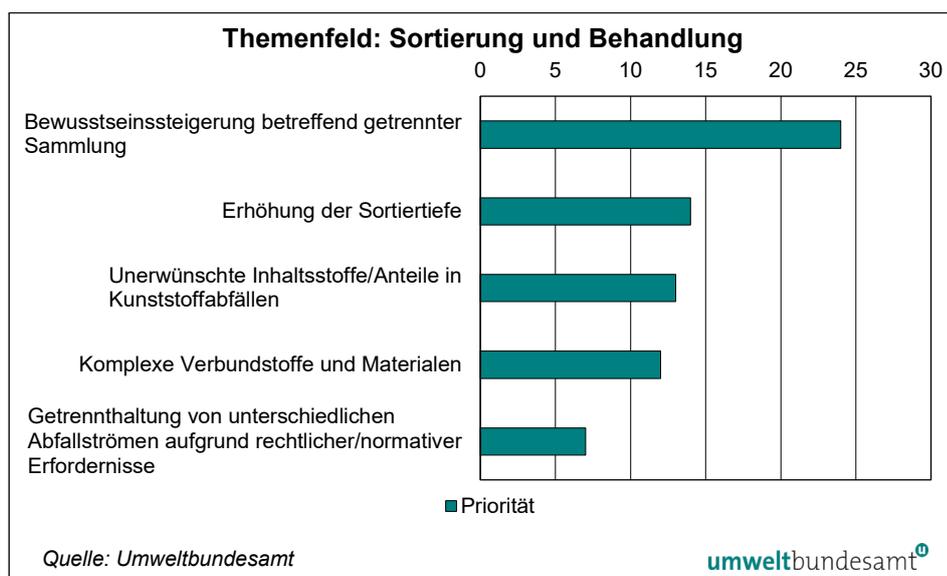
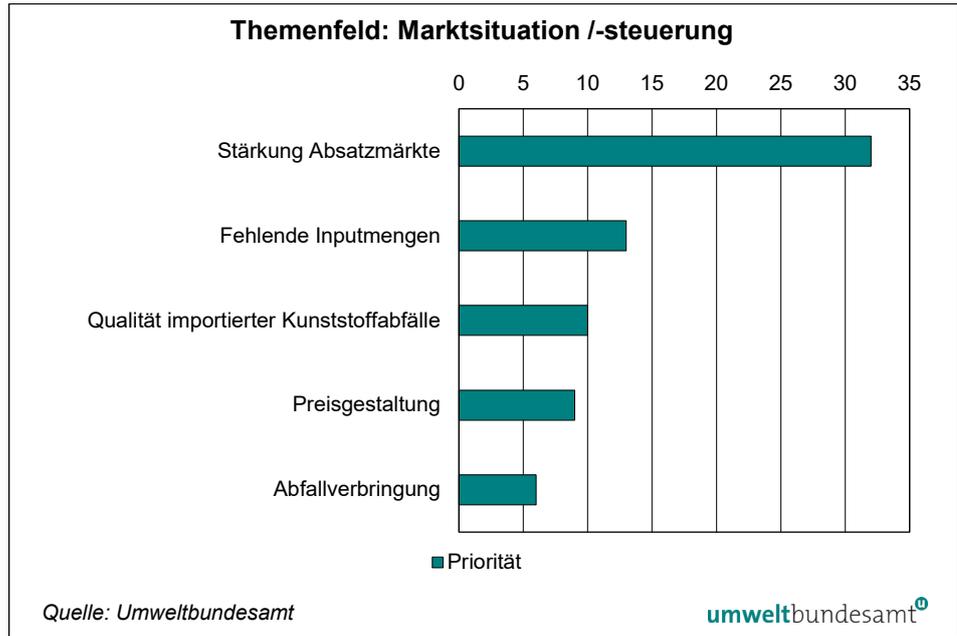


Abbildung 1:
Bedeutende Einflussfaktoren im Kontext zum Themenfeld Sortierung und Behandlung (siehe auch Kapitel 7), gereiht nach Anzahl der Nennungen (Priorität)

Die **Bewusstseinssteigerung im Hinblick auf die getrennte Sammlung** wurde im Themenfeld „Sortierung und Behandlung“ als einer der wesentlichen Einflussfaktoren identifiziert. Die Trennmoral der Bürger nimmt in vielen Bereichen ab, dies zeigt sich auch an den schlechter werdenden Qualitäten beziehungsweise zunehmenden Fehlwurfraten bei den Inputmaterialien in die Sortieranlagen. Hierfür sind alle teilnehmenden Akteure, zum Beispiel Abfallwirtschaftsverbände (als Abfallsammler), Anlagenbetreiber (als Sortierer und Recycler), sowie Gemeinden, Öffentliche Einrichtungen und Produktionsbetriebe gefordert, der Öffentlichkeit und den eigenen MitarbeiterInnen die entsprechenden Informationen zur getrennten Erfassung von Abfallströmen (getrennte Sammlung) zur Verfügung zu stellen. Den Abfallberatern der Kommunen kommt dahingehend besondere Verantwortung zu. Bewusstseinsbildungskampagnen sowie Beratung sind auf allen Ebenen zu intensivieren (u. a. in Schulen und anderen Bildungs- bzw. Weiterbildungsstätten), um dem Trend der sinkenden Trennmoral entgegenzuwirken. Eine **Vereinheitlichung der Kennzeichnungen zum Beispiel der Sammelbehälter im Rahmen der getrennten Sammlung** (z. B. auch österreichweit und über alle Systeme/AWV hinweg) kann zu einer Verbesserung der getrennten Erfassung beitragen.

Stärkung der „Trennmoral“ durch Bewusstseinsbildung und Vereinheitlichung der Rahmenbedingungen

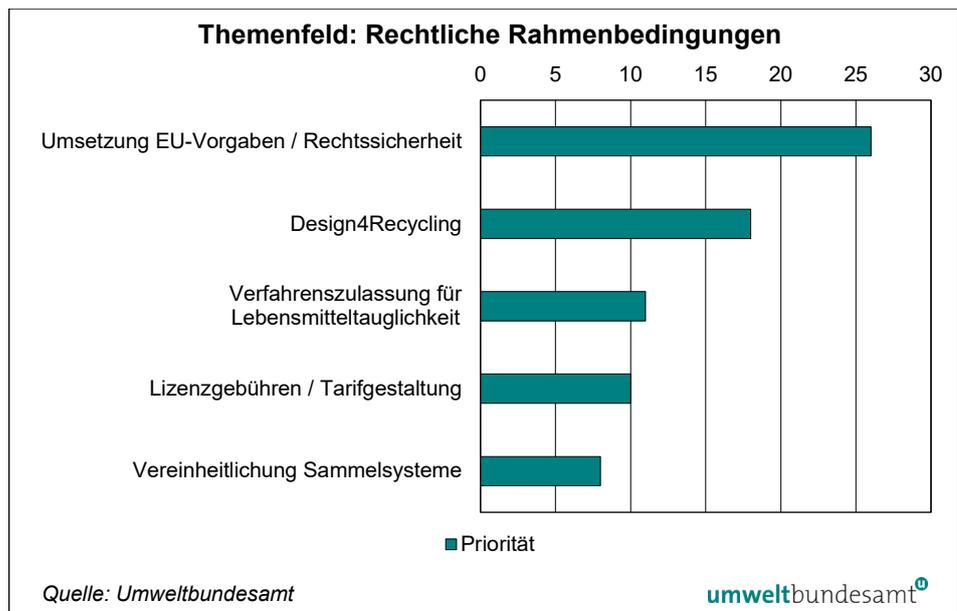
Abbildung 2:
Bedeutende
Einflussfaktoren im
Kontext zum
Themenfeld
Marktsituation und
Marktsteuerung (siehe
auch Kapitel 7), gereiht
nach Anzahl der
Nennungen (Priorität)



**Märkte stärken, um
Rezyklateinsatz zu
erhöhen**

Die **Stärkung der Absatzmärkte** wurde im Themenfeld „Marktsituation und Marktsteuerung“ als einer der wesentlichen Einflussfaktoren identifiziert, da der Rezyklateinsatz vor allem durch rechtliche Vorgaben und hohe Qualitätsanforderungen der Produzenten in manchen Anwendungsfeldern zunehmend eingeschränkt wird. Mögliche Verbesserungen ergeben sich durch finanzielle Förderungen und der Stärkung der Öffentlichen Beschaffung von Produkten, die Kunststoffrezyklate enthalten (Beschaffungsrichtlinien, Umweltzeichen, verpflichtender Rezyklateinsatz) und klare Regeln für die Festlegung des Abfallendes.

Abbildung 3:
Bedeutende
Einflussfaktoren im
Kontext zum
Themenfeld rechtliche
Rahmenbedingungen
(siehe auch Kapitel 7),
gereiht nach Anzahl der
Nennungen (Priorität)



Die **Umsetzung der EU-Vorgaben und die damit einhergehende Rechtssicherheit** wurden im Themenfeld „Rechtliche Rahmenbedingungen“ als einer der wesentlichen Einflussfaktoren identifiziert. Die Europäische Kunststoffstrategie und das Kreislaufwirtschaftspaket sind wesentliche Treiber für die getrennte Sammlung, die Sortierung und das Recycling von Kunststoffabfällen. Die diesbezügliche nationale Umsetzung spielt eine bedeutende Rolle. Dies umfasst die Festlegung der rechtlichen Rahmenbedingungen für Sammler, Sortierer und Verwerter, ergänzende Anforderungen zur Erfüllung der neuen Quotenvorgaben sowie die Anwendung der Herstellerverantwortung (Selbstverpflichtung Hersteller versus freiwillige Vereinbarungen).

Die Wiederverwendung und das Recycling von mehr als der Hälfte der erzeugten Kunststoffabfälle im Jahr 2030 als auch die Wiederverwendung und das Recycling von 50 % der Verpackungskunststoffe bis 2025 ist derzeit mit der bestehenden Anlagenstruktur und unter den gegebenen Rahmenbedingungen zur Finanzierung in Österreich nicht sichergestellt. Eine Anpassung der Rahmenbedingungen sowohl von Gesetzgebern und politischen Entscheidungsträgern als auch von Akteuren in der Entsorgungsbranche muss möglichst rasch in Angriff genommen werden. Dies hat unter Einbindung der Sammel- und Verwertungssysteme zur Berücksichtigung der Produzentenverantwortung zu erfolgen.

Gerade im Zuge der Stärkung einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft kommt dem effizienten Recycling von Kunststoffabfällen eine besondere Bedeutung zu.

Festlegung rechtlicher Rahmenbedingungen unter Berücksichtigung der Produzentenverantwortung

1 SUMMARY

Based on the **EU action plan for the Circular Economy**²⁰, a European **Strategy for Plastics** in a Circular Economy²¹ was adopted in 2018, which sets out the following vision for the period up to 2030:

- By 2030, all plastic packaging is either reusable or can be recycled.
- By 2030, more than half of plastics waste generated in the EU is recycled.
- By 2030, sorting and recycling capacity has increased fourfold since 2015.
- Europe confirms its leadership in the development of sorting and recycling technologies.

At European level, the **measures** implemented so far include mainly **legislation**. Targets have been laid down to increase the level of preparation for reuse and recycling of municipal waste and plastics packaging waste (e.g. 50 % by 2025). **Collection targets** have been set for **plastic beverage bottles** and a **minimum percentage of recycled plastic** has been made compulsory for beverage bottles made of polyethylene terephthalate (PET).

Against this background, this study provides an overview of the **mass flows of plastic waste currently treated in Austria** and the **technical plant designs implemented** for sorting and treatment. In addition, it presents information obtained from plant operators giving their views on important drivers of (and barriers to) increased plastics recycling.

According to the Federal Waste Management Plan Status Report for 2020 (BMK, 2020), in 2018, 12 dedicated **facilities for sorting plastic waste and 25 facilities for recycling of plastic waste were operating in Austria**.

For the purpose of this survey, four of these facilities were **consulted** on sorting, eleven on material recycling and one pilot plant on the chemical recycling of plastic waste. The facilities were selected with the aim to cover the widest possible range of technologies and input materials, taking into account established plastic sorting and recycling technologies in Austria. Descriptions of all facilities included in the survey, as well as **detailed information on technical processes, plastic waste used, sorting fractions generated and plastics recycled, delivery and removal as well as quality assurance of processes** can be found in the reports on these facilities in the Annex to this study.

The four investigated **facilities for sorting**²² plastic waste have a total processing capacity of about 123,000 tonnes per year²³. The material sorted is mainly plastic packaging coming from separate plastic bottle (hollow product) collections and “yellow bag” collections. In the sorting process, fractions targeted for recycling are separated, i.e. fractions of different types of plastic (PET, HDPE, LDPE, PVC, GVK, PS/PP) and metal fractions (ferrous and non-ferrous metals).

EU Circular Economy Package and Plastics Strategy

Facilities for sorting and recycling in Austria

Facilities for sorting

²⁰ COM(2015) 614 final

²¹ COM(2018) 28 final

²² Energie AG GmbH, Hörsching; Saubermacher Dienstleistungs AG, Graz; Tiroler Recycling GmbH, Pfaffenhofen; Sort4You GmbH, Wölbling

²³ In 2018, twelve dedicated plastic waste sorting facilities with a total processing capacity of about 225,700 tonnes were available (according to the Federal Waste Management Plan Status Report for 2020).

In terms of mass, the share of fractions targeted for recycling in the output of the four sorting facilities is between 31.2 % and 38.1 %. The residual fractions sent to thermal treatment (mixed plastics fraction, impurities etc.) are, in terms of mass, between 61.9 % and 68.8 %. As regards currently used plant technology, the operators participating in the survey have confirmed that **retrofitting is required** and that the technical capacities for improving the quality of sorting are currently not fully exploited.

At sorting facilities considered in this survey, the material delivered is usually loose or packed in yellow bags in storage bunkers. The material is handled by means of wheel loaders, wheel lift systems or similar equipment. Usually a belt conveyor is used to distribute the material among the individual units of the facilities. At the beginning of the sorting line, **bale breakers or bag openers** are commonly used. **Film splitters and ballistic separators** are used to separate film from hollow bodies (flat and rolling parts); **rotary screens** split the material into several fractions of different sizes. **Air sifters** are used to separate fine film from rigid plastic.

Magnetic ferrous metal separators and eddy current separators are used to separate ferrous metals and other metallic components from the material flow. **Manual sorters** (picking belts in sort cabins) are employed to remove larger contaminants and specific fractions from the commercial wastes collected but also recyclable materials. For sensor-based sorting, **near infrared (NIR) sensor processes** are usually used. Recyclable fractions are baled by compactors and stored temporarily in a hall or outdoors in a dedicated area until they are removed/collected.

Facilities for material recycling

In Austria, material recycling of plastic waste is widely used, with the aim of reusing (thermoplastic) plastic waste directly in plastic processing by melting it.

The eleven facilities investigated have a total **processing capacity** of approximately 290,000 tonnes per year. That corresponds to about 70 % of the processing capacity of all Austrian facilities for material recycling of plastic waste²⁴.

Most of the **waste used** (about 97 %) is post-consumer waste. In 2018, the facilities under consideration accepted, in total, 240,000 tonnes of plastic waste for processing. Of this amount, about 61,000 tonnes were pre-sorted packaging waste consisting of PET, about 70,300 tonnes were other plastic packaging waste, about 67,000 tonnes were plastic-rich fractions of waste electrical and electronic equipment, about 25,600 tonnes were plastic components of used tyres and plastic waste from vehicle manufacturers and suppliers, about 3,200 tonnes were waste from the construction sector (old windows and old pipes), and about 1,000 tonnes were used agricultural films. In addition, about 7,400 tonnes of residues and rejects from the plastics processing industry were accepted (e.g. injection moulded articles, films, sheets, pipes).

At least half of the wastes used in the facilities were imported from abroad.

²⁴ In 2018, 25 plastics recycling facilities with a total processing capacity of about 420,000 t/a were available (according to the Federal Waste Management Plan Status Report for 2020).

Material recycling of plastic waste comprises two main process steps:

- mechanical processing and sorting of – mostly pre-sorted – plastic waste into quality-assured plastic regrinds or flakes and
- a subsequent extrusion process in which pellets, semi-finished products such as films, or plastic items such as construction films or refuse bags are produced.

In two of the facilities considered in this survey²⁵ only the first process step takes place.

For the production of recycled plastics that are intended for use in the food industry, additional decontamination processes are performed.

From the point of view of most of the plant operators, the plant technology currently in use provides **a good technical standard for the recycling of plastics in comparison with other European countries**, even in light of ongoing developments in process technology.

Mechanical processing and sorting comprises in most facilities **manual** treatment steps such as sorting or disassembly. Large plastic components may require semi-manual pre-crushing by means of e.g. a guillotine cutter. Bale breakers, hammer mills, rotary cutters, cross-flow shredders, granulators or fine grinding mills (wet and dry) are used for **shredding and breaking up** the waste materials. Most of the facilities considered in this survey use both wet and dry **density separation processes** (e.g. air sifters, cyclones) for the separation of plastic types and for the separation of non-plastics or impurities. In the case of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE), plastics containing brominated flame retardants are also separated in this way, as these have a higher density than comparable non-brominated plastics. Shaker tables and ballistic separators are used for recycling packaging waste from PET, plastics from WEEE and plastic waste from the automotive industry. **Metal separation** (by means of magnetic and eddy current separators and all-metal separators) takes place in all facilities. **Electrostatic separation** is used to separate the target polymers when recycling plastics from WEEE, old windows and old pipes. Sensor-based sorting processes such as **near infrared (NIR)** and **laser detection** are used for processing PET bottle material and film and plastic from WEEE. **Optical sorting** is used in most processes. Most processes use methods in which the material is **washed** (sink and float separation, hydro-cyclone separator, wet grinders, friction washers etc.). **Hot washes** with added chemicals are only used in PET recycling facilities. Thermal and mechanical processes are used to **dry** regrinds and flakes. At the end of mechanical processing is a more or less complex quality assurance process.

The **yield of quality-assured plastic regrinds or plastic flakes from mechanical processing and sorting** depends largely on the quality requirements for the recyclate and on the type of plastic waste used. The two facilities that recycle plastic-rich fractions from waste electrical and electronic waste²⁶ achieve yields of 40 % and 63 % in relation to their waste inputs. For the two facilities that recycle plastics from the automotive industry²⁷ the yield of regrind produced in relation to

Recycling process

mechanical processing and sorting

Material streams from mechanical processing and sorting

²⁵ KIAS Recycling GmbH, Ohlsdorf; RDG Plast GmbH, Gimpling

²⁶ MGG Polymers GmbH, Kematen; Bage Plastics GmbH, Wolfers/St. Marien

²⁷ KIAS Recycling GmbH, Ohlsdorf; RDG Plast GmbH, Gimpling

waste input is 42 % and 81 % respectively. For the facilities that recycle pre-sorted plastic packaging²⁸, yields in relation to waste input were calculated at about 65 % to 75 %²⁹.

Apart from **residual fractions**, which are usually incinerated, mechanical processing and sorting often produces recyclable **metal-containing fractions**. Their share in the waste used in the facilities under consideration is 2.5 % to 16 %.

Extrusion process

In the extrusion process, the regrinds or flakes produced are melted and homogenised, de-gassed, freed from solids and granulated. Processing to semi-finished products such as films or plastic products takes place only in a few facilities.

Material streams in and from the extrusion process

In the extrusion process, quality-assured regrinds or flakes from plastic waste which originates from mechanical processing and sorting at the site or can also be purchased, are blended with so-called additives. In the case of the facilities under consideration, these are in particular colour master batches, inorganic fillers such as CaCO₃ or talc, impact modifiers, heat stabilisers, antistatic agents, dry additives and pellet enhancers. Additives account for a share of a few percent (up to 20 %) in the recycled plastics produced in the facilities under consideration.

The residue stream from the extrusion process comprises filter residues which are incinerated, and a condensate which is sent to chemical-physical treatment plants.

Decontamination of recyclates intended for use in the food industry

In the production of recyclates intended for use in the food industry, there are additional process steps, in particular for decontamination of flavourings. In Austria, this is only done in facilities that produce PET recyclates. The recycling processes carried out in these facilities are registered with and approved by the European Food Safety Authority (EFSA), based on the requirements of Regulation (EC) No 282/2008³⁰. Compliance with the parameters described in the corresponding process specifications guarantees that the recyclates produced meet the requirements for food contact materials³¹.

Recycled plastics

Table 1 gives an overview of the recycled plastics produced in the facilities considered in this survey, and shows their application areas.

²⁸ PET to PET Recycling Österreich GmbH, Müllendorf; PET Recycling Team GmbH, Wöllersdorf; Kruschitz GmbH, Völkermarkt (Factory 1)

²⁹ This information is subject to influences from unknown water contents of the waste used as well as regrinds and flakes

³⁰ Regulation (EG) No 282/2008 on recycled plastic materials and articles intended to come into contact with foods and amending Regulation (EC) No 2023/2006

³¹ In Austria, the legal requirements for food contact materials are laid down in the Food and Consumer Protection Act (Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz, LMSVG). In addition, the directly applicable EU regulations which are listed in the Annex to the LMSVG apply.

Table 1: Recycled plastics and application areas

| Source material | Recycled plastics | | Area of application |
|---|---|---------------------------------------|--|
| | Form | Polymer | |
| Pre-sorted PET packaging waste | regrinds, pellets, foils | PET, subordinated PP/PE ³² | food packaging (esp. beverage bottles, egg cups, vegetable packaging), plant pots, in fibre production |
| Other pre-sorted packaging waste (foils, hollow bodies) | regrinds, pellets, refuse bags and construction films | PE, PP | packaging, applications in the construction sector, transport containers (boxes, barrels etc.) |
| Plastic fractions from WEEE processing | pellets | ABS, PS, PP and PC/ABS | esp. electrical and electronic equipment, applications in the automotive and construction sector, horticulture, office supplies |
| Plastic waste from the automotive sector | regrinds | rubber, various technical plastics | rubber: sports field construction, applications in agriculture (e.g. rubber mats in animal husbandry), asphalt mixtures various technical plastics: delivery esp. to compounders, final application unknown |
| Old windows and old pipes | pellets, regrinds | PVC, PP, PE | window profiles, construction by-products and transport containers (boxes, barrels etc.) |

ABS... acrylonitrile butadiene styrene, PC... polycarbonate, PE... polyethylene, PET... polyethylene terephthalate, PP... polypropylene, PS... polystyrene, PVC ... polyvinyl chloride

The quality requirements for recycled plastics are based on:

- Legal provisions such as requirements for processes used in the production of recycled plastics for food contact material, requirements of the REACH Regulation³³, restrictions on the use of certain substances in electrical and electronic equipment, the automotive industry and in packaging according to the Directive on the Restriction of Hazardous Substances³⁴, the EU Directive on Packaging and Packaging Waste³⁵ and the End-of-Life Vehicle Directive³⁶
- Requirements outlined in standards and national guidance such as the requirements for rubber crumb according to the guideline “requirements for artificial grass” of the Austrian Institute for School and Sports Facilities Construction (Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau, ÖISS)
- Specifications made by manufacturer associations and individual customers

Quality requirements for recycled plastics

Feedstock recycling, the chemical treatment of plastic wastes with the aim of converting them to fuel or reusing them in the petrochemical industry, currently takes place in Austria only at one location in a pilot plant³⁷.

Feedstock / chemical recycling

³² From sealing caps

³³ Regulation (EC) No 1907/2006

³⁴ Regulation 2011/65/EU on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment

³⁵ Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste

³⁶ Directive 2000/53/EC on end-of life vehicles

³⁷ OMV Refining & Marketing GmbH, Schwechat

The **pilot plant** currently has a processing capacity of a maximum of 800 t of plastic waste per year. Major inputs are materials such as polyethylene (PE, re-claimed e.g. from toys, containers and foils), polypropylene (PP, e.g. from food packaging or the automotive industry) or polystyrene (PS, e.g. from packaging materials, insulation). These materials are partly also output fractions from other recycling plants (heavy/”bad” fractions). The fractions obtained in the pilot plant are fed into the refining process of crude oil and can either be converted to fuel or, when used as input to the petrochemical industry (naphtha product), sent to material recycling.

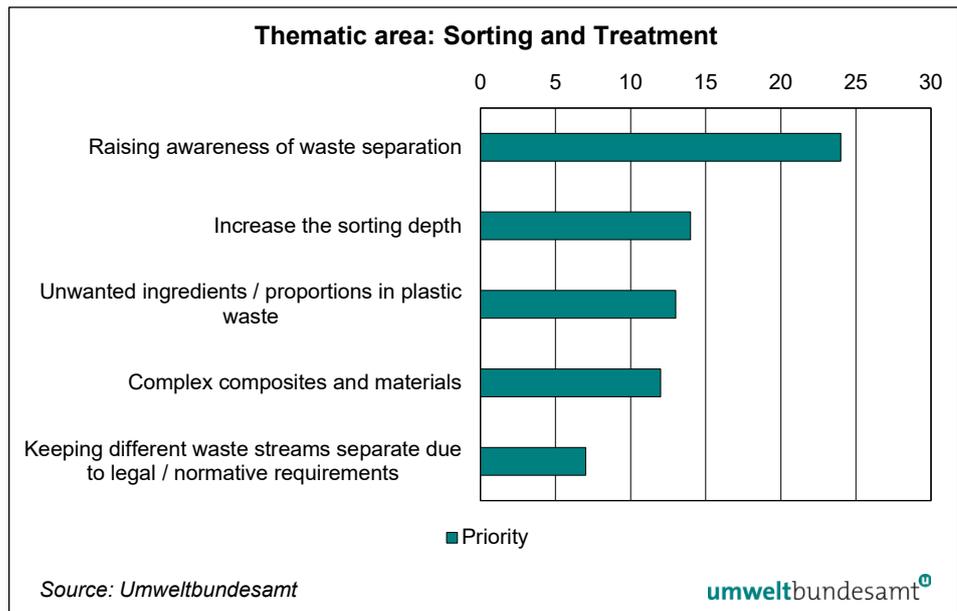
how to increase recycling

The operators of the sorting and recycling facilities participating in the study highlighted the following **thematic areas** as relevant for **increased plastics recycling**:

- Sorting and Treatment
- Legal Certainty and Legal Framework Conditions
- Market Situation and Market Regulations

For each thematic area, the most important influencing factors from the point of view of the plant operators were named, as shown in the following graphs (in order of priority)³⁸.

Figure 1:
Key influencing factors for the thematic area Sorting and Treatment (see also Chapter 7), listed in order of the number of nominations (priority)



³⁸ A points-based system was used for the priority assessment at a workshop with the plant operators; with a limited number of points per participant to be awarded to each influencing factor.

Raising awareness of waste separation was identified as one of the key factors influencing the thematic area Sorting and Treatment. In many areas, the motivation for waste separation among citizens is declining, which is reflected in quality deterioration or incorrect sorting at sorting stations. Here all stakeholders involved, e.g. the waste management associations (waste collectors), plant operators (sorters and recyclers), municipalities, public institutions and production sites face the challenge of providing the public and their own staff with relevant information on source separation of waste streams. The waste consultants of the municipalities have a special responsibility in this respect. Awareness raising campaigns and consultancy activities should be intensified at all levels (e.g. in schools and other educational establishments) to counteract the downward trend in the motivation for waste separation. **Harmonised labels on bins for separate collections** (e.g. for the whole of Austria and for all systems/waste management associations) can help improve separate waste collection.

Strengthen morale/motivation for waste separation by raising awareness and harmonising framework conditions

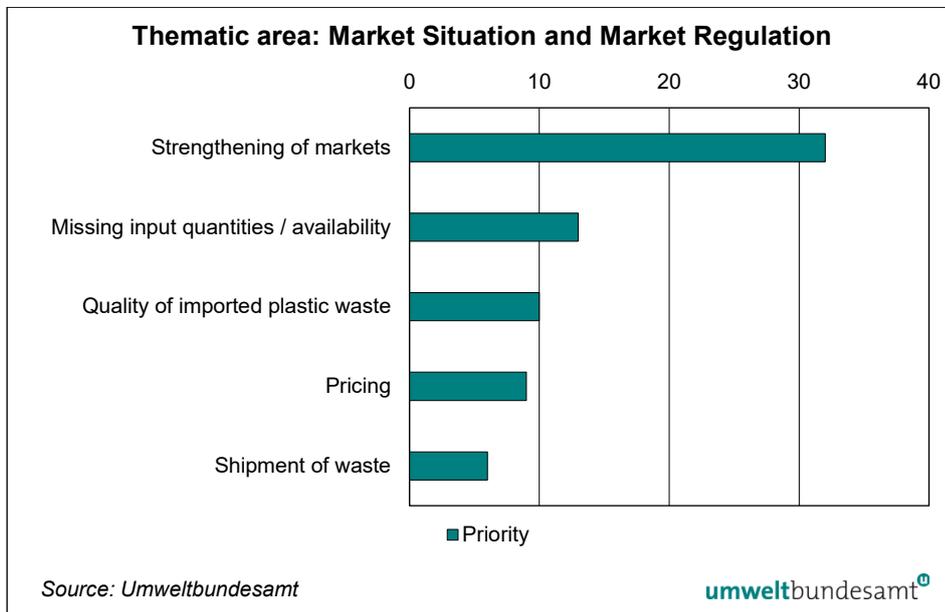
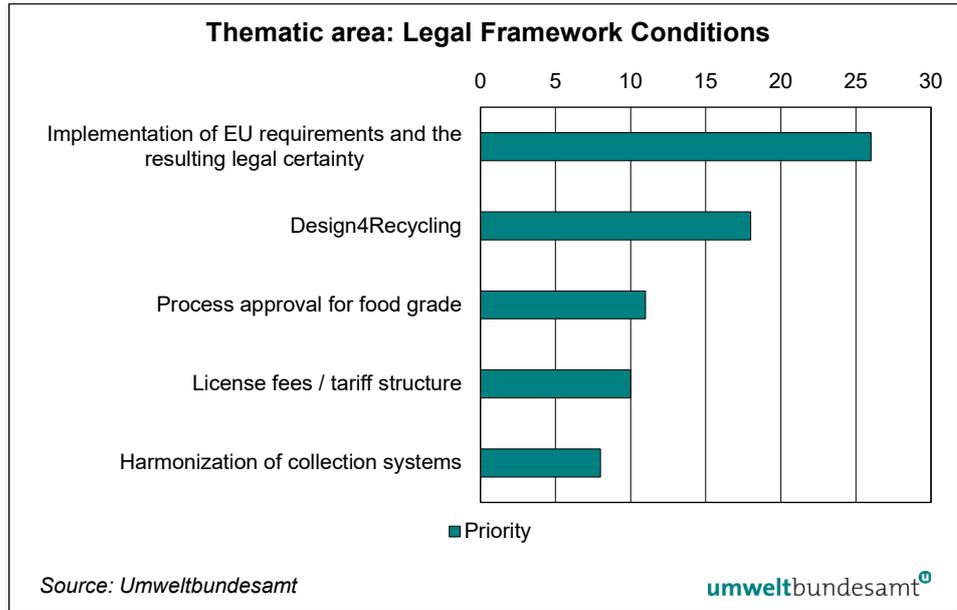


Figure 2: Key influencing factors for the thematic area Market Situation and Market Regulation (see also Chapter 7), listed in order of the number of nominations (priority)

For the thematic area Market Situation and Market Regulation, the **strengthening of markets** was identified as one of the key influencing factors, as the use of recyclates in some areas of application is increasingly restricted due to legal requirements and producers' high quality standards. Possible improvements can be achieved with stronger financial support and by increasing procurement of products containing recycled plastics in the public sector (procurement guidelines, ecolabel, making the use of recyclates compulsory), and with clear end-of-waste criteria for plastic waste.

Strengthen markets to increase use of recyclates

Figure 3:
Key influencing factors
for the thematic area
Legal Framework
Conditions (see also
Chapter 7), listed in
order of the number of
nominations (priority)



defining legal framework conditions and taking into account producer responsibility

The **implementation of EU requirements and the resulting legal certainty** were identified as key influencing factors for the thematic area Legal Framework Conditions. The European Strategy for Plastics and the Circular Economy Package are key drivers of the separate collection, sorting and recycling of plastic waste. The national implementation of this strategy is of vital importance. It includes the definition of legal framework conditions for collectors, sorters and recovery facility operators, as well as additional requirements to meet the new recycling targets and the application of the producer responsibility principle (producer’s self-commitment versus voluntary agreements).

With the existing treatment infrastructure and the framework on financing the sorting and recycling in Austria, it cannot be guaranteed that the target to reuse and recycle more than half of the plastic waste generated in 2030, and to reuse and recycle 50 % of packaging waste by 2025, will be achieved. Legislative bodies and policy makers, as well as the waste management sector, should adapt the overall framework conditions as quickly as possible. With regard to producer responsibility, this should also include collection and recovery systems.

The efficient recycling of plastic waste is particularly important for strengthening a resource-friendly circular economy.

2 EINLEITUNG

2.1 Hintergrund

Im Dezember 2015 hat die Europäische Kommission einen Vorschlag für ein Kreislaufwirtschaftspaket³⁹ verabschiedet, das auch verschiedene Maßnahmen für den Schlüsselbereich „Kunststoffe“ betreffend Rezyklierbarkeit, biologischer Abbaubarkeit, gefährlicher Inhaltsstoffe in bestimmten Kunststoffen sowie Kunststoffabfälle im Meer enthält.

Anfang 2018 wurde darüber hinaus die europäische Kunststoffstrategie⁴⁰ verabschiedet. Im Europäischen Grünen Deal⁴¹, welcher im Jahr 2019 von der EU vorgestellt wurde, bestätigt die Europäische Kommission, dass die Kunststoffstrategie weiterverfolgt wird. Im Hinblick auf den Umgang mit Kunststoffabfällen wurde folgendes Zukunftsbild für die Periode bis 2030 gezeichnet:

- Im Jahr 2030 sollen sämtliche Kunststoffverpackungen wiederverwendbar oder recycelt werden können;
- Im Jahr 2030 wird mehr als die Hälfte der in der EU generierten Kunststoffabfälle recycelt;
- Die Anlagenkapazitäten für Kunststoffrecycling in der EU werden vervielfacht (Kapazitäten für Sortierung und Recycling sollen im Jahr 2030 das Vierfache von 2015 betragen);
- Europa beweist Vorherrschaft betreffend der Entwicklung von Sortier- und Recyclingtechnologie.

Seither gesetzte Maßnahmen umfassen vor allem den legislativen Bereich auf europäischer Ebene, deren nationale Umsetzung in den Mitgliedsstaaten bis dato noch nicht abgeschlossen ist, siehe unter anderem:

- Die Änderung der Abfallrahmenrichtlinie (Steigerung der verbindlichen Quoten für Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling von Siedlungsabfällen);
- Änderung der Verpackungs-Richtlinie (Steigerung der verbindlichen Quote für Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling von Kunststoffverpackungsabfällen);
- Veröffentlichung der SUP-Richtlinie (Verbrauchsminderung – Artikel 4, Produktanforderungen inkl. Mindestanteil des Rezyklats in PET-Getränkeflaschen – Artikel 6, getrennte Sammlung, insbesondere Sammelziele für Kunststoffgetränkeflaschen)

EU-Kreislaufwirtschaftspaket und Kunststoffstrategie

Grüner Deal der EU

gesetzte Maßnahmen auf europäischer Ebene

³⁹ COM(2015) 614 final

⁴⁰ COM(2018) 28 final

⁴¹ COM(2019) 640 final

Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft

Im März 2020 wurde der Aktionsplan der Europäischen Kommission für die Kreislaufwirtschaft⁴² verabschiedet und dieser knüpft an die skizzierten Maßnahmen der europäischen Kunststoffstrategie an. Um den Einsatz von recycelten Kunststoffen zu steigern und zu einer nachhaltigeren Verwendung von Kunststoffen beizutragen, wird die Kommission verbindliche Anforderungen an den Rezyklatanteil sowie Maßnahmen zur Abfallreduzierung für wichtige Produkte wie Verpackungen, Baustoffe und Fahrzeuge vorschlagen. Darüber hinaus sollen durch einen starken und kohärenten Rahmen für die Produktpolitik die Bereiche nachhaltige Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle gestärkt werden. Der Aktionsplan greift zusätzlich im Besonderen folgende Schwerpunkte im Zusammenhang mit dem Recycling von Kunststoffen auf:

- Verringerung von (übertrieben aufwendigen) Verpackungen und Verpackungsabfällen, unter anderem durch Festlegung von Zielvorgaben und anderen Maßnahmen zur Abfallvermeidung;
- Förderung eines Designs mit Blick auf die Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit von Verpackungen, einschließlich der Prüfung von Beschränkungen für die Verwendung einiger Verpackungsmaterialien für bestimmte Anwendungen;
- Prüfung der Verringerung der Komplexität von Verpackungsmaterialien, einschließlich der Anzahl der verwendeten Materialien und Polymere;
- Festlegung von Regeln für das sichere Recycling von anderen Kunststoffen als PET zur Verwendung als Lebensmittelkontaktmaterialien.

Die europäischen Rahmenbedingungen und deren nationale Umsetzung in Österreich definieren die Vorgaben für die praktische Umsetzung zum Management von Kunststoffabfällen. Die vorliegende Studie zeigt einen Auszug aus der in Österreich umgesetzten Praxis mit Bezugsjahr 2019. Die dargestellten Ergebnisse sind im Kontext zur Gesamtsituation im Hinblick auf das Aufkommen und den Anlagenpark zur Behandlung von Kunststoffabfällen in Österreich zu sehen, welche im Bundes-Abfallwirtschaftsplan und dessen jährlichen Statusberichten abgebildet ist.

Kunststoffabfälle in Österreich

Von den in Österreich im Jahr 2018 insgesamt angefallenen 0,95 Mio. t Kunststoffen in Abfällen entfällt circa ein Fünftel auf „reine“ Kunststoffabfälle wie Kunststofffolien, Polyolefinabfälle, Kunststoffemballagen und -behälter etc., welche auch vorwiegend getrennt erfasst werden. Die restliche Kunststoffmenge befindet sich in gemischten Abfällen mit unterschiedlich hohen Kunststoffanteilen, insbesondere in gemischten Siedlungsabfällen und ähnlichen Gewerbeabfällen, in der Leichtfraktion aus der Verpackungssammlung und im Sperrmüll. Von den 0,95 Mio. t Kunststoffen in Abfällen wurden 2018 etwa 72 % thermisch behandelt, nur etwa 26 % stofflich verwertet und ein sehr kleiner Anteil von etwa 2 % deponiert (BMK 2020).

Anlagen zur Behandlung von Kunststoffabfällen

Laut Statusbericht 2020 zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BMK 2020) verfügt Österreich derzeit über zwölf Anlagen zur Sortierung von ausschließlich Kunststoffabfällen und über 25 Kunststoffrecyclinganlagen (nicht enthalten sind darin 20 Anlagen zur Zerkleinerung/Aufbereitung von Styropor).

⁴² COM(2020) 98 final

Umfassende Kenntnis über die in Österreich eingesetzten Sortier- und Recyclingtechnologien für Kunststoffabfälle, beziehungsweise spezifische Informationen über vorhandene Behandlungskapazitäten für nach Art und Herkunft unterschiedliche Kunststofffraktionen existieren nicht in einem für eine Bewertung und Evaluierung ausreichendem Maße.

Schaffung einer Grundlage für weiterführende Evaluierungen

Vor diesem Hintergrund wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) die vorliegende Studie zur Erhebung und Darstellung des „Ist-Stands“ des in Österreich etablierten Kunststoffrecyclings beauftragt.

2.2 Aufgabenstellung und Ziele

Der gegenständliche Bericht gibt einen Überblick über:

etablierte Verfahren

- das in Österreich etablierte Kunststoffrecycling und die eingesetzten Sortier- und Recyclingtechnologien;
- derzeit bestehende Hemmnisse und Treiber für das Sortieren und das Recycling von Kunststoffabfällen aus Sicht österreichischer Anlagenbetreiber.

Ergänzend wird eine Übersicht über derzeit am europäischen Markt verfügbare Sortier- und Recyclingtechnologien für Kunststoffabfälle gegeben.

3 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen auf EU- und nationaler Ebene. Diese umfassen insbesondere Vorgaben für das Recycling (Mindestrecyclingquoten) und die getrennte Sammlung von Kunststoffabfällen, Vorgaben hinsichtlich der Schadstoffentfrachtung bei Kunststoffen sowie Vorgaben zur grenzüberschreitenden Verbringung von Kunststoffabfällen.

3.1 Klassifizierung von Kunststoffabfällen

Die Studie „Kunststoffabfälle in Österreich“⁴³ beschreibt Kunststoffe als komplexe, synthetisch-organische Werkstoffe, die durch chemische Verfahren erzeugt werden und in der Natur mit Ausnahme des Naturkautschuks nicht vorkommen. Am Ende der Nutzungsphase von kunststoffhaltigen Produkten werden sie zu Abfall, wobei grundsätzlich zwischen Post-Consumer-Abfällen (entstehen durch den privaten oder gewerblichen Endverbraucher) und Produktionsabfällen (stammen aus der Produktion und Verarbeitung) unterschieden werden kann. Bei der Betrachtung von Kunststoffabfällen ist zu berücksichtigen, dass nicht nur die getrennt gesammelten beziehungsweise aussortierten, „reinen“ Kunststoffabfälle⁴⁴ relevant sind, sondern auch die Kunststoffanteile, die in gemischten Abfallströmen und Verbundfraktionen enthalten sind. Ebenfalls müssen Gummiabfälle in die Untersuchung von Kunststoffabfällen einbezogen werden.

Europäisches Abfallverzeichnis

Kunststoffabfälle kommen im **Europäischen Abfallverzeichnis**⁴⁵ (Kommissionsentscheidungen 2000/532/EG, zuletzt geändert durch Beschluss der Kommission 2014/955/EU) in verschiedenen Kapiteln vor. Wesentliche Kunststoffabfallarten sind als Beispiele in nachfolgender Tabelle dargestellt.

⁴³ <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0650.pdf>

⁴⁴ Darunter werden Kunststoffabfälle im engeren Sinn, wie z. B. Kunststofffolien oder Polyolefinabfälle verstanden.

⁴⁵ Das Europäische Abfallverzeichnis umfasst 839 Abfallarten und dient EU-weit als Nomenklaturesystem zur Bezeichnung von Abfällen. Die verschiedenen Abfallarten werden nach der Abfallverzeichnis-Verordnung der EU (AVV) klassiert und mit einem Code (EWC-Code) EU-weit einheitlich bezeichnet. Weiters regelt die AVV die Einstufung der Abfälle in gefährlich oder nicht, wobei dies wiederum maßgeblich für Behandlung, Lagerung und Transport der Abfälle ist.

| Kapitel/Code | Gefährlich | Bezeichnung |
|-----------------|------------|---|
| 02 01 | | <i>Abfälle aus Landwirtschaft, Gartenbau, Teichwirtschaft, Forstwirtschaft, Jagd und Fischerei</i> |
| 02 01 04 | | Kunststoffabfälle (ohne Verpackungen) |
| 07 02 | | <i>Abfälle aus HZVA⁴⁶ von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern</i> |
| 07 02 13 | | Kunststoffabfälle |
| 12 01 | | <i>Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen</i> |
| 12 01 05 | | Kunststoffspäne und -drehspäne |
| 15 01 | | <i>Verpackungen (einschließlich getrennt gesammelter kommunaler Verpackungsabfälle)</i> |
| 15 01 02 | | Verpackungen aus Kunststoff |
| 16 01 | | <i>Altfahrzeuge verschiedener Verkehrsträger (einschließlich mobiler Maschinen) und Abfälle aus der Demontage von Altfahrzeugen sowie der Fahrzeugwartung (außer 13, 14, 16 06 und 16 08)</i> |
| 16 01 19 | | Kunststoffe |
| 16 01 03 | | Altreifen |
| 16 02 | | <i>Abfälle aus elektrischen und elektronischen Geräten</i> |
| 16 02 15 | * | Aus gebrauchten Geräten entfernte gefährliche Bestandteile |
| 16 02 16 | | Aus gebrauchten Geräten entfernte Bestandteile mit Ausnahme derer, die unter 16 02 15 fallen |
| 17 | | <i>Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten)</i> |
| 17 02 | | <i>Holz, Glas und Kunststoff</i> |
| 17 02 03 | | Kunststoff |
| 17 02 04 | * | Glas, Kunststoff und Holz, das gefährliche Stoffe enthält oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt ist |
| 17 04 | | <i>Metalle (einschließlich Legierungen)</i> |
| 17 04 10 | * | Kabel, die Öl, Kohlenteer oder andere gefährliche Stoffe enthalten |
| 17 04 11 | | Kabel mit Ausnahme derer, die unter 17 04 10 fallen |
| 19 12 | | <i>Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen (z. B. Sortieren, Zerkleinern, Verdichten, Pelletieren) a. n. g.</i> |
| 19 12 04 | | Kunststoff und Gummi |
| 19 12 11 | * | sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten |
| 20 | | <i>Siedlungsabfälle (Haushaltsabfälle und ähnliche gewerbliche und industrielle Abfälle sowie Abfälle aus Einrichtungen), einschließlich getrennt gesammelter Fraktionen</i> |
| 20 01 | | <i>Getrennt gesammelte Fraktionen (außer 15 01)</i> |
| 20 01 39 | | Kunststoffe |

Tabelle 2:
Beispiele für EWC-Codes von Kunststoffabfällen in den Kapiteln des Europäischen Abfallverzeichnisses

⁴⁶ Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung

Kunststoffanteile können auch in anderen Abfallarten enthalten sein, zum Beispiel sind nicht getrennt gesammelte Verpackungsabfälle in „20 03 01 gemischte Siedlungsabfälle“ enthalten.

EU-Abfallstatistikverordnung

Gemäß **EU-Abfallstatistikverordnung** (2150/2002/EG, zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 849/2010), werden nur die Mengen der getrennt gesammelten beziehungsweise aussortierten, „reinen“ Kunststoffabfälle dargestellt. Der Abfall-Kategorie 7.4 *Kunststoffabfälle* werden die in Tabelle 3 angeführten EWC-Codes zugeordnet.

Tabelle 3:
EWC-Codes für die
Kategorie „7.4
Kunststoffabfälle“
gemäß EU-Abfall-
statistikverordnung

| | | |
|--|----------|---------------------------------------|
| 07.4 Kunststoffabfälle | | |
| 07.41 Kunststoffverpackungen | | |
| 0 Ungefährlich | | |
| | 15 01 02 | Verpackungen aus Kunststoff |
| 07.42 Andere Abfälle aus Kunststoffen | | |
| 0 Ungefährlich | | |
| | 02 01 04 | Kunststoffabfälle (ohne Verpackungen) |
| | 07 02 13 | Kunststoffabfälle |
| | 12 01 05 | Kunststoffspäne und -drehspäne |
| | 16 01 19 | Kunststoff |
| | 17 02 03 | Kunststoff |
| | 19 12 04 | Kunststoff und Gummi |
| | 20 01 39 | Kunststoffe |

Abfallverzeichnisverordnung

Mit der österreichischen **Abfallverzeichnisverordnung** (BGBl. II Nr. 570/2003 idF BGBl. II Nr. 498/2008) wird ein einheitliches Verzeichnis für gefährliche und nicht gefährliche Abfälle auf nationaler Ebene normiert. Das Abfallverzeichnis umfasst die Abfallarten, die in Punkt 5 Tabelle 1 der ÖNORM S 2100 "Abfallverzeichnis"⁴⁷, aufgelistet sind, mit den in der Anlage 5 der Verordnung angeführten Änderungen. Die Zuordnung eines Abfalls hat zu jener Abfallart zu erfolgen, die den Abfall in seiner Gesamtheit am besten beschreibt, wobei die Herkunft sowie sämtliche stoffliche Eigenschaften des Abfalls einschließlich möglicher gefahrenrelevanter Eigenschaften zu berücksichtigen sind.

Ähnlich wie im Europäischen Abfallverzeichnis kommen Kunststoffabfälle in unterschiedlichen Gruppen vor, wobei die Gruppe „57 Kunststoff- und Gummiabfälle“ überwiegend jene Abfallarten enthält, die für die Betrachtung der getrennt gesammelten beziehungsweise aussortierten, „reinen“ Kunststoffabfälle maßgebend ist, wie in nachfolgender Tabelle dargestellt.

⁴⁷ Das konsolidierte Abfallverzeichnis ist am EDM-Portal, edm.gv.at, veröffentlicht.

| Abfallart (SN gemäß ÖNORM S 2100) | Gefahr | Bezeichnung |
|--|---------------|--|
| 57 | | Kunststoff- und Gummiabfälle |
| 57101 | | Phenol- und Melaninharz |
| 57102 | | Polyester |
| 57104 | | Imprägnierharz |
| 57107 | | ausgehärtete Formmassen (Duroplast) |
| 57108 | | Polystyrol, Polystyrolschaum |
| 57108 77 | g | Polystyrol, Polystyrolschaum, gefährlich kontaminiert |
| 57110 | | Polyurethan, Polyurethanschaum |
| 57110 77 | g | Polyurethan, Polyurethanschaum, gefährlich kontaminiert |
| 57111 | | Polyamid |
| 57112 | | Hartschaum (ausgenommen solcher auf PVC-Basis) |
| 57112 77 | g | Hartschaum (ausgenommen solcher auf PVC-Basis), gefährlich kontaminiert |
| 57116 | | PVC-Abfälle und Schäume auf PVC-Basis |
| 57116 77 | g | PVC-Abfälle und Schäume auf PVC-Basis, gefährlich kontaminiert |
| 57117 | | Kunstglas-, Polyacrylat- und Polycarbonatabfälle |
| 57118 | | Kunststoffballagen und -behältnisse |
| 57119 | | Kunststofffolien |
| 57119 77 | g | Kunststofffolien, gefährlich kontaminiert |
| 57120 | | Polyvinylacetat |
| 57122 | | Polyvinylacetal |
| 57123 | | Epoxidharz |
| 57123 77 | g | Epoxidharz, gefährlich kontaminiert |
| 57124 | | Ionenaustauscherharze |
| 57125 | g | Ionenaustauscherharze mit anwendungsspezifischen, schädlichen Beimengungen |
| 57126 | | fluorhaltige Kunststoffabfälle |
| 57127 | g | Kunststoffballagen und -behältnisse mit gefährlichen Restinhalten (auch Toner cartridges mit gefährlichen Inhaltsstoffen) |
| 57128 | | Polyolefinabfälle |
| 57129 | | sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle, Videokassetten, Magnetbänder, Tonbänder, Farbbänder (Carbonbänder), Toner cartridges ohne gefährliche Inhaltsstoffe |
| 57130 | | Polyethylenterephthalat (PET) |
| 57131 | | aufbereitete Kunststoffabfälle, qualitätsgesichert |
| 57132 | | abbaubare Kunststoffe und Kunststoffverpackungen |
| 57201 | g | Weichmacher mit halogenierten organischen Bestandteilen |
| 57201 88 | | Weichmacher mit halogenierten organischen Bestandteilen, ausgestuft |
| 57202 | g | Fabrikationsrückstände aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung |

*Tabelle 4:
Identifizierte Abfallarten
für „reine“
Kunststoffabfälle gemäß
Anlage 5 der
Abfallverzeichnis-
verordnung*

| Abfallart (SN gemäß ÖNORM S 2100) | Gefahr | Bezeichnung |
|--|--------|--|
| 57202 88 | | Fabrikationsrückstände aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung, ausgestuft |
| 57203 | | Weichmacher ohne halogenierte organische Bestandteile |
| 57203 88 | | Weichmacher ohne halogenierte organische Bestandteile, ausgestuft |
| 57501 | | Gummi |
| 57505 | | Latexschaumabfälle |
| 57506 | | Gummimehl, Gummistaub |
| 57507 | | Gummigranulat |
| 57702 | | Latex-Schlamm, verfestigt oder stabilisiert |
| 58 | | Textilabfälle (Natur- und Chemiefaserprodukte) |
| 58101 | | Polyamidfasern |
| 58102 | | Polyesterfasern |

Kunststoffanteile können auch in anderen Abfallarten enthalten sein. Dafür kommen insgesamt **223 Abfallarten** des österreichischen Abfallverzeichnisses in Frage⁴⁸. Theoretisch kann sich die Notwendigkeit ergeben, jeden Kunststoffabfall aufgrund von Kontaminationen oder aufgrund von Inhaltsstoffen in der Mischung – zum Beispiel Flammhemmer oder Weichmacher – einer gefährlichen Abfallart zuzuordnen.

3.2 Anforderungen an die Sammlung und getrennte Erfassung von Kunststoffabfällen

EU-Abfallrahmenrichtlinie

In Artikel 4 Absatz 1 der **EU-Abfallrahmenrichtlinie** (2008/98/EG, zuletzt geändert durch Richtlinie 2018/851/EU) wird die Abfallhierarchie, welche den Europäischen Rechtsvorschriften und politischen Maßnahmen im Bereich der Abfallvermeidung und -bewirtschaftung als Prioritätenfolge zugrunde liegt, definiert: a) Vermeidung; b) Vorbereitung zur Wiederverwendung; c) Recycling; d) sonstige Verwertung, z. B. energetische Verwertung; e) Beseitigung. Mit Artikel 11 Absatz 1 werden die Mitgliedstaaten aufgefordert, Maßnahmen zur Förderung eines qualitativ hochwertigen Recyclings zu treffen. Hierzu ist die getrennte Sammlung von Abfällen einzuführen, soweit sie im Sinne des Artikel 10 Absatz 2 technisch, ökologisch und ökonomisch durchführbar und dazu geeignet ist, die für die jeweiligen Recycling-Sektoren erforderlichen Qualitätsniveaus zu erreichen. In Artikel 11 Absatz 2 wird für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling von Abfallmaterialien wie – zumindest – Papier, Metall, Kunststoff und Glas aus Haushalten und gegebenenfalls aus anderen Quellen, soweit die betreffenden Abfallströme Haushaltsabfällen ähnlich sind, eine Zielvorgabe von 50 % bis 2020 festgesetzt.

⁴⁸ Lt. Studie „Kunststoffabfälle in Österreich – Aufkommen und Behandlung“;
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0650.pdf>

Die **Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle** (94/62/EG, zuletzt geändert durch Richtlinie 2018/852/EU) schreibt Maßnahmen vor, die darauf abzielen, die Produktion von Verpackungsabfall zu begrenzen und die stoffliche Verwertung, die Wiederverwendung und die anderen Formen der Verwertung der Verpackungsabfälle zu fördern. Im Artikel 7 werden Maßnahmen zu Rücknahme-, Sammel- und Verwertungssystemen definiert. Um die Zielvorgaben zu erfüllen, errichteten die Mitgliedsstaaten Systeme für

EU-Verpackungsrichtlinie

- die Rücknahme und/oder Sammlung von gebrauchten Verpackungen und/oder Verpackungsabfällen beim Verbraucher oder anderen Endabnehmern oder aus dem Abfallstrom mit dem Ziel einer bestmöglichen Entsorgung;
- die Wiederverwendung oder Verwertung – einschließlich des Recyclings – der gesammelten Verpackungen und/oder Verpackungsabfälle.

An diesen Systemen können sich alle Marktteilnehmer der betroffenen Wirtschaftszweige und die zuständigen Behörden beteiligen. Sie gelten auch für Importprodukte. Zusätzlich stellen die Mitgliedstaaten sicher, dass bis zum 31. Dezember 2024 Regime der erweiterten Herstellerverantwortung mit bestimmten Mindestanforderungen eingeführt werden, die sich auf alle Verpackungen beziehen. Es sind auch Maßnahmen zur Förderung eines hochwertigen Recyclings von Verpackungsabfällen und zur Erfüllung der für die jeweiligen Recyclingbereiche erforderlichen Qualitätsnormen zu ergreifen. Miteinbezogen werden müssen auch Verpackungsabfälle von Verbundverpackungen.

Gemäß Artikel 8 müssen die Verpackungen Angaben über die Art des Materials beziehungsweise der Materialien tragen, die für die Verpackung verwendet worden sind, um die Identifizierung und Einstufung des Materials zu erleichtern. Die Kennzeichnung muss sich auf der Verpackung selbst oder auf dem Etikett befinden und muss deutlich sichtbar und gut lesbar sein.

Die Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Warenresten (**Verpackungsverordnung 2014**, BGBl. II Nr. 184/2014 idgF) legt eine Sammel- beziehungsweise Rücknahmeverpflichtung von Haushaltsverpackungen und gewerblichen Verpackungen fest. Es besteht die Verpflichtung, die zurückgenommenen Verpackungen entweder wiederzuverwenden oder zu verwerten. Zur Erfüllung der Rücknahme- und Verwertungspflichten müssen sich Importeure, Abpacker und Vertreiber (aller Handelsstufen) eines Dritten (flächendeckendes Sammel- und Verwertungssystem) bedienen. Das Ziel der Verpackungsverordnung 2014 ist die Wiederverwendung von Verpackungen und Vermeidung von Verpackungsabfällen beziehungsweise die Förderung der Vorbereitung zur Wiederverwendung und Verwertung.

Verpackungsverordnung

Gemäß § 9 Abs. 4 haben Sammel- und Verwertungssysteme für **Haushaltsverpackungen** ausreichende Übernahmekapazitäten in jeder Sammelregion zur Verfügung zu stellen und in jedem Kalenderjahr insgesamt zumindest folgende Anteile je Packstoff⁴⁹ im Rahmen der getrennten Sammlung zu erfassen:

1. Papier, Karton, Pappe und Wellpappe 80 %
2. Glas 80 %
3. Metalle 50 %
- 4. Kunststoffe 60 %**
5. Getränkeverbundkarton 50 %
6. sonstige Materialverbunde 40 %

Gemäß § 13 Abs. 5 haben Sammel- und Verwertungssysteme für **gewerbliche Verpackungen** zumindest folgende Anteile je Packstoff⁵⁰ in jedem Kalenderjahr zu erfassen:

1. Papier, Karton, Pappe und Wellpappe 90 %
2. Glas 90 %
3. Metalle 60 %
- 4. Kunststoffe 85 %**
5. Holz 25 %
6. sonstige Materialverbunde 40 %

EU Einwegkunststoffartikel-Richtlinie

Die **Richtlinie über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt** (2019/904/EU) zielt vorrangig darauf ab, schädliche Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte⁵¹ auf die Umwelt, insbesondere das Meeresmilieu, und die menschliche Gesundheit zu vermeiden und zu vermindern und den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft zu fördern.

In Artikel 7 werden **Kennzeichnungsvorschriften** für bestimmte Einwegkunststoffartikel gemäß Teil D⁵² des Anhanges festgelegt, um zu vermeiden, dass diese unsachgemäß entsorgt werden.

⁴⁹ bezogen auf die Teilnahmemasse aller Sammel- und Verwertungssysteme für Haushaltsverpackungen

⁵⁰ bezogen auf jene Verpackungsmasse, hinsichtlich derer eine Teilnahme an diesem System besteht

⁵¹ Einwegkunststoffartikel: ein ganz oder teilweise aus Kunststoff bestehender Artikel, der nicht konzipiert, entwickelt und vermarktet wird, um während seiner Lebensdauer mehrere Produktkreisläufe zu durchlaufen, indem er zur Wiederbefüllung oder Wiederverwendung zum ursprünglichen Verwendungszweck an den Hersteller zurückgegeben wird

⁵² Hygieneeinlagen (Binden), Tampons und Tamponapplikatoren; Feuchttücher, d. h. getränkte Tücher für Körper- und Haushaltspflege; Tabakprodukte mit Filtern sowie Filter, die zur Verwendung in Kombination mit Tabakprodukten vertrieben werden; Getränkebecher

In Artikel 8 werden Systeme der **erweiterten Herstellerverantwortung** für Fanggeräte mit Kunststoffanteil und bestimmte Einwegkunststoffartikel gemäß Teil E⁵³ des Anhangs festgelegt. Für diese Systeme gelten bereits die in der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle festgelegten allgemeinen Mindestanforderungen für Systeme der erweiterten Herstellerverantwortung, doch werden nun auch spezifische und zusätzliche Anforderungen an die finanzielle Verantwortung der Hersteller eingeführt, insbesondere für Sensibilisierungskampagnen und – im Falle der Einwegkunststoffartikel – auch für Säuberungsaktionen zur Beseitigung gelitterter Abfälle.

Artikel 9 verpflichtet die Mitgliedstaaten, für **Einweggetränkeflaschen** aus Kunststoff ein **Mindestziel für die Getrenntsammlung** zu erreichen: bis 2025 77 Gewichtsprozent (bis 2029: 90 %) aller Einwegkunststoffartikel gemäß Teil F⁵⁴ des Anhangs, die in einem gegebenen Jahr in Verkehr gebracht wurden und zu Abfall geworden sind. Um dieses Ziel zu erreichen, können die Mitgliedstaaten unter anderem Pfandsysteme einführen, oder für die jeweiligen Systeme der erweiterten Herstellerverantwortung Ziele für die Getrenntsammlung festsetzen.

⁵³ I. Einwegkunststoffartikel im Sinne des Artikels 8 Absatz 2

Lebensmittelverpackungen, d. h. Behältnisse wie Boxen (mit oder ohne Deckel) für Lebensmittel, die a) dazu bestimmt sind, unmittelbar vor Ort verzehrt oder als Take-away-Gericht mitgenommen zu werden, b) in der Regel aus der Verpackung heraus verzehrt werden, und c) ohne weitere Zubereitung wie Kochen, Sieden oder Erhitzen verzehrt werden können einschließlich Verpackungen für Fast Food oder andere Speisen zum unmittelbaren Verzehr, ausgenommen Getränkebehälter, Teller sowie Tüten und Folienverpackungen (Wrappers) mit Lebensmittelinhalt

Aus flexiblem Material hergestellte Tüten und Folienverpackungen (Wrappers) mit Lebensmittelinhalt, der dazu bestimmt ist, unmittelbar aus der Tüte oder der Folienpackung heraus verzehrt zu werden, und der keiner weiteren Zubereitung bedarf

Getränkebehälter mit einem Fassungsvermögen von bis zu drei Litern, d. h. Behältnisse, die zur Aufnahme von Flüssigkeiten verwendet werden, wie Getränkeflaschen, einschließlich ihrer Verschlüsse und Deckel und Verbundgetränkeverpackungen einschließlich ihrer Verschlüsse und Deckel, aber nicht Getränkebehälter aus Glas oder Metall mit Verschlüssen oder Deckeln aus Kunststoff

Getränkebecher, einschließlich ihrer Verschlüsse und Deckel

Leichte Kunststofftragetaschen im Sinne des Artikels 3 Nummer 1c der Richtlinie 94/62/EG

II. Einwegkunststoffartikel im Sinne des Artikels 8 Absatz 3

Feuchttücher, d. h. getränkte Tücher für Körper- und Haushaltspflege;

Luftballons, ausgenommen Ballons für industrielle oder sonstige gewerbliche

Verwendungszwecke und Anwendungen, die nicht an Verbraucher abgegeben werden.

III. Sonstige Einwegkunststoffartikel im Sinne des Artikels 8 Absatz 3

Tabakprodukte mit Filter sowie Filter, die zur Verwendung in Kombination mit Tabakprodukten vertrieben werden

⁵⁴ Getränkeflaschen mit einem Fassungsvermögen von bis zu drei Litern, einschließlich ihrer Verschlüsse und Deckel, aber nicht: a) Getränkeflaschen aus Glas oder Metall mit Verschlüssen oder Deckeln aus Kunststoff; b) Getränkeflaschen, die für flüssige Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke gemäß Artikel 2 Buchstabe g der Verordnung (EU) Nr. 609/2013 bestimmt sind und dafür verwendet werden.

Recycling- Baustoffverordnung

Das Ziel der Verordnung über die Pflichten bei Bau- und Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- und Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen (**Recycling-Baustoffverordnung**, BGBl II Nr. 181/2015 idgF) ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft und Materialeffizienz; insbesondere die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Bauteilen und die Sicherstellung einer hohen Qualität von Recycling-Baustoffen, um das Recycling von Bau- und Abbruchabfällen zu fördern. Im § 6 wird die Trennpflicht festgelegt, wodurch die für den Rückbau festgelegten Hauptbestandteile im Zuge des Abbruchs eines Bauwerks vor Ort voneinander zu trennen sind. Ist die Trennung am Anfallsort technisch nicht möglich oder mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden, so hat sie in einer dafür genehmigten Behandlungsanlage zu erfolgen. Gefährliche Abfälle sind direkt an der Baustelle abzutrennen und fachgerecht zu entsorgen (z. B. FCKW/HFCKW geschäumte Polystyrolplattenabfälle). Bei einem Neubau, ausgenommen bei Linienbauwerken oder befestigten Flächen, ab einem gesamten Brutto-Rauminhalt von mehr als 3.500 m³, sind jedenfalls die Stoffgruppen Holzabfälle, Metallabfälle, mineralische Abfälle, Baustellenabfälle und allenfalls sonstige Abfälle (z. B. Kunststoffabfälle, biogene Abfälle) voneinander zu trennen.

Altfahrzeuge- verordnung

In der **Altfahrzeugeverordnung** (BGBl II Nr. 407/2002 idgF) werden im Wesentlichen Bestimmungen hinsichtlich der Rücknahme, Wiederverwendung und Behandlung von Altfahrzeugen sowie die nähere rechtliche Ausgestaltung von Sammel- und Verwertungssystemen festgelegt.

Bezüglich der Verwertung von Altfahrzeugen und ihren Bauteilen sind Hersteller oder Importeure beziehungsweise Behandler von Altfahrzeugen verpflichtet, diese entsprechend zu lagern und zu behandeln. Anlage 1 legt die technischen Mindestanforderungen für die Behandlung fest. Bezüglich der Behandlung zur Verbesserung der stofflichen Verwertung ist die Entfernung von Reifen und großen Kunststoffbauteilen (Stoßfänger, Armaturenbrett, Flüssigkeitsbehälter usw.) vorgesehen, wenn die entsprechenden Materialien beim Shreddern nicht in einer Weise getrennt werden, dass eine stoffliche Verwertung als Rohstoff möglich ist.

Gemäß Anlage 6 gelten für die Kennzeichnung und Identifizierung von Werkstoffen und Bauteilen mit einem Gewicht über 100 Gramm folgende Normen:

- ÖNORM EN ISO 1043-1 „Kunststoffe – Kennbuchstaben und Kurzzeichen – Teil 1: Basis- Polymere und ihre besonderen Eigenschaften (ISO 1043-1:2001)“, ausgegeben am 1. Juni 2002
- ÖNORM EN ISO 1043-2 „Kunststoffe – Kennbuchstaben und Kurzzeichen – Teil 2: Füllstoffe und Verstärkungsstoffe (ISO 1043-2:2000)“, ausgegeben am 1. Mai 2002
- ÖNORM EN ISO 11469 „Kunststoffe – Sortenspezifische Identifizierung und Kennzeichnung von Kunststoff-Formteilen (ISO 11469:2000)“, ausgegeben am 1. Oktober 2000

Die Verordnung über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (**Elektroaltgeräteverordnung**, BGBl. II Nr. 121/2005 idgF) legt u. a. fest, dass die Hersteller und Importeure von Elektro- und Elektronikgeräten für die umweltgerechte Verwertung und Behandlung der gesammelten Altgeräte verantwortlich sind („Produzentenverantwortung“) und umweltgefährdende Bestandteile einer speziellen Behandlung zugeführt werden müssen. Die dabei zu beachtenden Behandlungsgrundsätze wurden in der Verordnung über Abfallbehandlungspflichten (**Abfallbehandlungspflichtenverordnung**, BGBl. II Nr. 102/2017) festgeschrieben. Bei der Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten gilt, dass eine selektive Behandlung von Kunststoffen, die bromierte Flammschutzmittel enthalten (z. B. Kunststoffe aus Bildschirmgeräten und Fotokopierern bzw. Multifunktionsgeräten) erfolgen muss, wenn die Kunststoffe für eine stoffliche Verwertung bestimmt sind.

Elektroaltgeräte- verordnung

Die **Abfallhierarchie** ist auf nationaler Ebene für Österreich mit § 1 im **Abfallwirtschaftsgesetz 2002** (BGBl. I Nr. 102/2002 idgF) umgesetzt: a) Vermeidung; b) Vorbereitung zur Wiederverwendung; c) Recycling; d) sonstige Verwertung, z. B. energetische Verwertung; e) Beseitigung.

AWG 2002

Gemäß § 15 Abs. 2 gilt ein allgemeines **Vermischungsverbot** für Abfälle. Demnach ist das Vermischen oder Vermengen eines Abfalls mit anderen Abfällen oder Sachen unzulässig, unter anderem wenn abfallrechtlich erforderliche Untersuchungen oder Behandlungen erschwert oder behindert werden, nur durch den Mischvorgang abfallspezifische Grenzwerte, Qualitätsanforderungen oder anlagenspezifische Grenzwerte in Bezug auf die eingesetzten Abfälle eingehalten werden.

§ 15 Abs. 2 AWG 2002 ist insbesondere auch bei POP-haltigen Kunststoffen (z. B. HBCD-haltiges Polystyrol), zu beachten. Ein „Verdünnen“ dieser Abfälle mit unbelasteten Kunststoffen, anderen Stoffen oder Bindemitteln etc., um bestimmte Schadstoffgrenzwerte (z. B. Grenzwerte des Anhangs I der EU-POP Verordnung) für das zulässige Inverkehrsetzen daraus geschaffener Produkte einhalten zu können, ist ebenso verboten.

Soweit eine Unterscheidung potentiell POP-haltiger Kunststoffe (z. B. auf Grund des Bromgehaltes) – nicht gefährlich und gefährlich – nur mittels Laboranalytik (GC/MS) möglich ist, sollte eine Zuordnung nach Plausibilität getroffen werden, sofern die sachgerechte Behandlung dadurch sichergestellt ist.

Entsprechend § 24a AWG 2002 idgF ist für **das Sammeln oder Behandeln von Abfällen** eine Erlaubnis vom Landeshauptmann einzuholen. Die Erlaubnis ist für bestimmte Abfallarten und Behandlungsverfahren und erforderlichenfalls unter Auflagen, Bedingungen und Befristungen zu erteilen. In § 37 AWG ist festgeschrieben, dass die Errichtung, der Betrieb und die wesentliche Änderung von ortsfesten Behandlungsanlagen einer Genehmigung der Behörde bedürfen. Die für einen Antrag zur Sammler- und Behandler-Erlaubnis als auch für einen Antrag zur Genehmigung einer Anlage erforderlichen Antragsunterlagen sind im AWG 2002 (§ 24a bzw. § 39) angeführt.

Gemäß § 21 AWG haben sich Abfallsammler und -behandler vor Aufnahme der Tätigkeit elektronisch im **Register** (<http://www.edm.gv.at>) zu registrieren und dabei Stammdaten anzugeben.

Bestimmungen zu den **Aufzeichnungspflichten** für Abfallbesitzer (Abfallerzeuger, -sammler und -behandler) finden sich im § 17 AWG. Abfallbesitzer haben, getrennt für jedes Kalenderjahr, fortlaufende Aufzeichnungen über Art, Menge, Herkunft und Verbleib von Abfällen zu führen. Bilanzpflichtige Abfallsammler und -behandler haben auch den Branchencode des Übergebers der Abfälle aufzuzeichnen. Abfallsammler und -behandler haben diese Aufzeichnungen elektronisch zu führen. Aufzeichnungspflichtige Abfallsammler und -behandler – mit Ausnahme von Transporteuren, soweit sie Abfälle im Auftrag des Abfallbesitzers nur befördern – haben über das vorangegangene Kalenderjahr eine Aufstellung über die Herkunft der übernommenen Abfallarten, die jeweiligen Mengen und den jeweiligen Verbleib, einschließlich Art und Menge der in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführten Stoffe, vorzunehmen (Jahresabfallbilanz).

Die Formate für fortlaufende Aufzeichnung und jährliche Meldung von Abfallbewegungen geben die Bestimmungen der **Abfallbilanzverordnung** (BGBl. II Nr. 497/2008 idgF) vor.

Im Falle gefährlicher Kunststoffe (z. B. FCKW/HFCKW haltige Kunststoffe, sonstige mit gefährlichen Stoffen kontaminierte Kunststoffe) besteht eine Begleitscheinpflicht bei der Abfallübergabe.

Aufgrund der Vorgaben in der EU-POP Verordnung 2019/1021 (Neufassung) sollen die Mitgliedstaaten Maßnahmen treffen die erforderlich sind, um im Einklang mit Artikel 17 der Rahmenrichtlinie über Abfälle 2008/98/EG die Überwachung und Rückverfolgbarkeit von POP- Abfällen sicherzustellen.

Abfälle, die polychlorierte Dibenz-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF), DDT (1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl)ethan), Chlordan, Hexachlorcyclohexane (einschließlich Lindan), Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Hexachlorbenzol, Chlordacon, Aldrin, Pentachlorbenzol, Mirex, Toxaphen, Hexabrombiphenyl und/oder PCB in Konzentrationen oberhalb der Konzentrationsgrenzwerte gemäß Anhang IV der POP Verordnung enthalten, werden international als gefährlich eingestuft. In Österreich gelten für PCDD/PCDF und PCB strengere Grenzwerte für die Einstufung als gefährlicher Abfall). Für die neu gelisteten POPs gilt die chemikalienrechtliche Einstufung der jeweiligen persistenten organischen Verbindung und der abfallrechtliche Grenzwert für die Erfüllung eines Gefahrenmerkmals (in Österreich gelten strengere Grenzwerte für Endosulfan, Dicophol und polychlorierte Naphtaline).

3.3 Anforderungen an die Behandlung

Abfallbehandlungspflichtenverordnung:

Kunststoffe mit bromierten Flammschutzmitteln

Mindestanforderungen an die Sammlung, Lagerung, den Transport und die Behandlung bestimmter Abfallströme werden in der Verordnung über Abfallbehandlungspflichten (**Abfallbehandlungspflichtenverordnung**, BGBl. II Nr. 102/2017) geregelt. Bei der Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) sind schadstoffhaltige Stoffe, Gemische und Bauteile, wie zum Beispiel Kunststoffe mit bromierten Flammschutzmitteln, so zu entfernen, dass Kontaminationen anderer Bauteile und der Umwelt ausgeschlossen werden (§ 6). Kunststoffe, die bromierte Flammschutzmittel enthalten (z. B. Kunststoffe aus Bildschirmgeräten und Fotokopierern bzw. Multifunktionsgeräten), müssen selektiv behandelt werden, wenn die Kunststoffe für eine stoffliche Verwertung bestimmt sind (§ 8).

Abfallbehandlungspflichtenverordnung

Abfallverbrennungsverordnung

Hinsichtlich der thermischen Behandlung von Abfällen schafft die Verordnung über die Verbrennung von Abfällen (**Abfallverbrennungsverordnung**, BGBl. II Nr. 389/2002 idgF) einheitliche Standards für alle Anlagen, in denen Abfälle eingesetzt werden. Die Abfallverbrennungsverordnung gilt – ohne Mengenschwelle – für gefährliche und nicht gefährliche Abfälle, die in Allein- oder Mitverbrennungsanlagen verbrannt werden. Sie beinhaltet den Stand der Technik für die thermische Behandlung von Abfällen. Ziele dieser Verordnung sind unter anderem, dass Emissionen beim Betrieb der Anlagen möglichst gering gehalten werden und eine möglichst hohe Effizienz im Einsatz und in der Verwendung von Energie erreicht wird.

Abfallverbrennungsverordnung

Deponieverordnung: Deponieverbot

In Österreich ist die Deponierung von Kunststoffabfällen durch die Verordnung über Deponien (**Deponieverordnung 2008**, BGBl. II 39/2008 idgF) grundsätzlich verboten, weil Abfälle mit einem TOC⁵⁵ von mehr als 5 % – und damit normalerweise auch Kunststoffabfälle – außer in definierten Ausnahmefällen nicht auf Deponien abgelagert werden dürfen.

Deponieverordnung

Abwasseremissionsverordnung Abfallbehandlung: Abwässer (im Zusammenhang mit Waschwässern aus der Kunststoffbehandlung)

Die **AEV Abfallbehandlung** (BGBl. II Nr. 9/1999) legt Begrenzungen von Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen und biologischen Abfallbehandlung fest. Diese sind für Einleitungen von Abwasser in ein Fließgewässer oder in eine öffentliche Kanalisation zu berücksichtigen.

AEV Abfallbehandlung

Sofern es für die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen bei einer Abwassereinleitung erforderlich ist, können die in § 1 Abs. 8 der AEV Abfallbehandlung angeführten Maßnahmen (Stand der Vermeidungs-, Rückhalte- und Reinigungstechnik) in Betracht gezogen werden. Die Eigen- und Fremdüberwachung der Abwasseremissionen aus mechanisch-biologischen Anlagen ist in § 4 der AEV Abfallbehandlung geregelt.

⁵⁵ *total organic carbon* – gesamter organischer Kohlenstoff

Beste Verfügbare Techniken (BVT) für die Abfallbehandlung und die Abfallverbrennung: Allgemeine Anforderung Behandlung: Ersatzbrennstoffe

europäischer Stand der Technik

Auf Europäischer Ebene wurden mit 17. August 2018 die überarbeiteten Anforderungen an den Stand der Technik der Abfallbehandlung als BVT Schlussfolgerungen in einem Durchführungsbeschluss der Europäischen Kommission (Nr. C (2018) 5070) veröffentlicht. Diese geben die Richtschnur für Mindeststandards im Bereich der Abfallbehandlung vor mit einer vierjährigen Umsetzungsfrist für die Anpassung der Genehmigungsbescheide. Die BVT-Schlussfolgerungen umfassen auch Behandlungs- und Aufbereitungstechniken für Kunststoffabfälle und kunststoffhaltige Abfälle, wie zum Beispiel die Behandlung von heizwertreichen Abfällen (Aufbereitung zu Ersatzbrennstoffen).

3.4 Recyclingziele

EU-Verpackungsrichtlinie

EU-Verpackungsrichtlinie

Gemäß Artikel 6 der **Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle** (94/62/EG, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2018/852/EU) haben die Mitgliedstaaten folgende Zielvorgaben bis 2025 bzw. 2030 zu erfüllen:

- spätestens bis 31. Dezember 2025 werden mindestens 65 Gewichtsprozent aller Verpackungsabfälle recycelt;
- spätestens bis 31. Dezember 2025 werden für die nachstehend aufgeführten Materialien, die in Verpackungsabfällen enthalten sind, die folgenden Mindestgewichtsvorgaben für das Recycling erreicht:
 - **50 Gewichtsprozent bei Kunststoffen,**
 - 25 Gewichtsprozent bei Holz,
 - 70 Gewichtsprozent bei Eisenmetallen,
 - 50 Gewichtsprozent bei Aluminium,
 - 70 Gewichtsprozent bei Glas,
 - 75 Gewichtsprozent bei Papier und Karton;
- spätestens bis 31. Dezember 2030 werden mindestens 70 Gewichtsprozent aller Verpackungsabfälle recycelt;
- spätestens bis 31. Dezember 2030 werden für die nachstehend aufgeführten Materialien, die in Verpackungsabfällen enthalten sind, die folgenden Mindestgewichtsvorgaben für das Recycling erreicht:
 - **55 Gewichtsprozent bei Kunststoffen,**
 - 30 Gewichtsprozent bei Holz,
 - 80 Gewichtsprozent bei Eisenmetallen,
 - 60 Gewichtsprozent bei Aluminium,
 - 75 Gewichtsprozent bei Glas,
 - 85 Gewichtsprozent bei Papier und Karton.

Verpackungsverordnung

Betreffend der Verwertung von Verpackungsabfällen legt die **Verpackungsverordnung** (VVO, BGBl. II Nr. 184/2014 idgF) folgende Vorgaben für Packstoffe, Haushaltsverpackungen und gewerbliche Verpackungen fest:

Verpackungsverordnung

- Gemäß § 5 Abs. 1 sind in jedem Kalenderjahr insgesamt folgende Anteile der in Österreich in Verkehr gesetzten Masse der jeweiligen Packstoffe in eine Recyclinganlage nach dem Stand der Technik einzubringen:

- Papier, Karton, Pappe und Wellpappe 60 %
- Glas 60 %
- Metalle 50 %
- **Kunststoffe 22,5 %**
- Holz 15 %
- Getränkeverbundkarton 25 %
- sonstige Materialverbunde 15 %

Bei der Berechnung der Quote für Kunststoffe darf nur Material eingerechnet werden, das durch Recycling wieder zu Kunststoff wird.

- Gemäß § 9 Abs. 5 haben die Sammel- und Verwertungssysteme für Haushaltsverpackungen die getrennt gesammelten und die gemeinsam mit Siedlungsabfällen erfassten und in weiterer Folge aussortierten Verpackungen zu verwerten, wobei in jedem Kalenderjahr zumindest folgende Anteile in eine Recyclinganlage nach dem Stand der Technik einzubringen sind:

- Papier, Karton, Pappe und Wellpappe 95 %
- Glas 100 %
- Metalle 100 %
- **Kunststoffe 50 %**
- Getränkeverbundkarton 60 %
- sonstige Materialverbunde 40 %

- Gemäß § 14 sind Hersteller, Importeure, Abpacker und Vertreiber von gewerblichen Verpackungen – soweit dies nicht unverhältnismäßig ist – verpflichtet, im Falle der Verwertung die zurückgenommenen und die im Betrieb des Unternehmens angefallenen Verpackungen je Packstoff nachweislich in jedem Kalenderjahr zu zumindest folgenden Anteilen⁵⁶ in eine Recyclinganlage nach dem Stand der Technik einzubringen:

- Papier, Karton, Pappe und Wellpappe 95 %
- Glas 100 %
- Metalle 100 %
- **Kunststoffe 75 %**
- Holz 60 %
- sonstige Materialverbunde 40 %

Diese Quoten gelten auch für Sammel- und Verwertungssysteme für gewerbliche Verpackungen hinsichtlich der übernommenen Verpackungsabfälle.

⁵⁶ bezogen auf die Summe von gewerblichen Verpackungen

Die Recyclingvorgaben der Altfahrzeuerrichtlinie und der Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte wirken sich indirekt auf das Recycling von Kunststoffabfällen aus, da Altfahrzeuge beziehungsweise Elektro- und Elektronikaltgeräte im Allgemeinen einen beträchtlichen Anteil an kunststoffhaltigen Bauteilen enthalten.

EU-Altfahrzeuerrichtlinie

Die **Richtlinie über Altfahrzeuge** (2000/53/EG, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2018/849/EU) legt Maßnahmen zur Vermeidung und Begrenzung von Abfällen aus Altfahrzeugen und ihrer Bauteile fest und stellt sicher, dass diese wiederverwendet, recycelt oder verwertet werden, soweit dies möglich ist. Fahrzeughersteller und Zulieferer müssen bei der Konstruktion und Herstellung ihrer Produkte der Demontage, Wiederverwendung und Verwertung der Fahrzeuge Rechnung tragen. Sie müssen sicherstellen, dass bei neuen Fahrzeugen

- mindestens 85 % des Fahrzeuggewichts wiederverwendbar und/oder recyclingfähig sind;
- mindestens 95 % des Fahrzeuggewichts wiederverwendbar und/oder verwertbar sind.

EU-Richtlinie Kfz-Typgenehmigung hinsichtlich Recyclingfähigkeit

Für die Wiederverwendung, das Recycling und die Verwertung von Fahrzeugteilen und -materialien gelten gesonderte Rechtsvorschriften, die in der **Richtlinie über die Typgenehmigung für Kraftfahrzeuge hinsichtlich ihrer Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit** (2005/64/EG) festgelegt sind. Sie enthält administrative und technische Bestimmungen, um zu gewährleisten, dass die Bauteile und Werkstoffe eines Kraftfahrzeugs möglichst wiederverwendbar, recyclingfähig und verwertbar sind. Sie gewährleistet, dass die wiederverwendeten Bauteile keine Sicherheits- und Umweltrisiken verursachen. Wichtige Eckpunkte im Bezug auf das Recycling sind:

- Die Rechtsvorschriften gelten für neue Modelle und bereits hergestellte Modelle von Personenfahrzeugen, Kombiwagen, Mehrzweckfahrzeugen und leichten Nutzfahrzeugen (z. B. Vans).
- Neue Kraftfahrzeuge dürfen in der EU nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn sie zu mindestens 85 Masseprozent wiederverwendbar und/oder recyclingfähig und zu mindestens 95 Masseprozent wiederverwendbar und/oder verwertbar sind.
- Hersteller müssen Strategien für die korrekte Handhabung der Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit vorbereiten, die den Anforderungen dieser Richtlinie entsprechen.

EU-Richtlinie Elektro- und Elektronikaltgeräte

Mit der **Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte** (2012/19/EU zuletzt geändert durch die Richtlinie 2018/849/EU) werden Maßnahmen zum Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit festgelegt, mit denen die schädlichen Auswirkungen der Entstehung und Bewirtschaftung von Elektro- und Elektronikaltgeräten vermieden oder verringert, die Gesamtauswirkungen der Ressourcennutzung reduziert und die Effizienz der Ressourcennutzung verbessert werden sollen. Die EAG-RL unterteilt Elektro- und Elektronikaltgeräte in sechs Kategorien (Anhang III). In Artikel 11 werden Mindestzielvorgaben für die Verwertung festgelegt, die gemäß Anhang V ab dem 15. August 2018 je nach Geräteklasse zwischen 75 % und 85 % für die Verwertung insgesamt, und zwischen 55 % und 80 % für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling betragen.

In der **Richtlinie über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt** (2019/904/EU) wird mit Artikel 6, Abs. 5 festgelegt, dass für Getränkeflaschen nach Teil F des Anhangs jeder Mitgliedstaat sicherstellt, dass

- ab 2025 die hauptsächlich aus Polyethylenterephthalat bestehenden Getränkeflaschen („PET-Flaschen“), zu mindestens 25 % aus recyceltem Kunststoff bestehen, errechnet als Durchschnitt aller im Hoheitsgebiet des jeweiligen Mitgliedstaats in Verkehr gebrachten PET-Flaschen;
- ab 2030 diese Getränkeflaschen zu mindestens 30 % aus recyceltem Kunststoff bestehen, errechnet als Durchschnitt aller im Hoheitsgebiet des jeweiligen Mitgliedstaats in Verkehr gebrachten Getränkeflaschen.

Weiters wird betont, dass effizientere Getrennsammelsysteme eingerichtet werden müssen. Für Getränkeflaschen, bei denen es sich um Einwegkunststoffartikel gemäß Teil F des Anhangs handelt, wird eine Mindestquote für die Getrennsammlung festgelegt⁵⁷. Die Mitgliedstaaten sollten diese Mindestquote erreichen können, indem sie im Rahmen der Systeme der erweiterten Herstellerverantwortung Getrennsammelquoten für Einweg-Getränkeflaschen aus Kunststoff oder Pfandsysteme einführen oder andere Maßnahmen durchführen, die sie diesbezüglich für zweckdienlich erachten.

Die **europäische Kunststoffstrategie** (COM(2018) 28 final) weist für das Recycling von Kunststoffabfällen folgendes Zukunftsbild aus:

- Im Jahr 2030 sollen sämtliche Kunststoffverpackungen wiederverwendbar oder leicht, das heißt kosteneffizient, recycelt werden können;
- Im Jahr 2030 wird mehr als die Hälfte der in der EU generierten Kunststoffabfälle recycelt.

**EU-
Einwegkunststoff-
artikelrichtlinie**

**europäische
Kunststoffstrategie**

3.5 Abfallende und Nebenproduktregelungen

In Artikel 5 der **Abfallrahmenrichtlinie** (2008/98/EG, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2018/851/EU) werden die Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für die Einstufung als Nebenprodukt definiert. In Artikel 6 der **Abfallrahmenrichtlinie** werden die Bedingungen genannt, welche Abfälle erfüllen müssen, nachdem sie ein Recyclingverfahren oder ein anderes Verwertungsverfahren durchlaufen haben, damit sie nicht mehr als Abfälle betrachtet werden. Diese umfassen:

- Der Stoff oder Gegenstand soll für bestimmte Zwecke verwendet werden;
- Es besteht ein Markt für diesen Stoff oder Gegenstand oder eine Nachfrage danach;
- Der Stoff oder Gegenstand erfüllt die technischen Anforderungen für die bestimmten Zwecke und genügt den bestehenden Rechtsvorschriften und Normen für Erzeugnisse;

**Abfallrahmen-
richtlinie**

⁵⁷ Artikel 9 verpflichtet die Mitgliedstaaten, für Einweggetränkeflaschen aus Kunststoff ein Mindestziel für die Getrennsammlung zu erreichen: bis 2025 77 Gewichtsprozent (bis 2029: 90) aller Einwegkunststoffartikel gemäß Teil F des Anhangs, die in einem gegebenen Jahr in Verkehr gebracht wurden und zu Abfall geworden sind.

- Die Verwendung des Stoffs oder Gegenstands führt insgesamt nicht zu schädlichen Umwelt- oder Gesundheitsfolgen.

AWG 2002

Die Regelungen zum Abfallende sind auf nationaler Ebene für Österreich im **Abfallwirtschaftsgesetz 2002** (BGBl. I Nr. 102/2002) umgesetzt. Gemäß § 5 Abs. 1 gelten Altstoffe grundsätzlich so lange als Abfälle, bis sie oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe unmittelbar als Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten verwendet werden. Im Falle einer Vorbereitung zur Wiederverwendung ist das Ende der Abfalleigenschaft mit dem Abschluss dieses Verwertungsverfahrens erreicht.

Gemäß § 5 Abs. 2 kann die Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie mit Verordnung abweichend zu § 5 Abs. 1 festlegen, unter welchen Voraussetzungen, zu welchem Zeitpunkt und für welchen Verwendungszweck bei bestimmten Abfällen die Abfalleigenschaft endet. Eine derartige Verordnung ist nur zu erlassen, wenn:

- die Sache üblicherweise für diesen bestimmten Verwendungszweck eingesetzt wird,
- ein Markt dafür existiert,
- Qualitätskriterien, welche die abfallspezifischen Schadstoffe berücksichtigen, insbesondere in Form von technischen oder rechtlichen Normen oder anerkannten Qualitätsrichtlinien, vorliegen und
- keine höhere Umweltbelastung und kein höheres Umweltrisiko von dieser Sache ausgeht, als bei einem vergleichbaren Primärrohstoff oder einem vergleichbaren Produkt aus Primärrohstoff.

Die Verordnung hat entsprechend den Erfordernissen des Umweltschutzes insbesondere folgende Punkte zu enthalten:

- die Konkretisierung (Beschreibung) der Sache;
- die Festlegung der Verwendungszwecke für den Anwendungsbereich der Verordnung;
- die Festlegung von Qualitätskriterien entsprechend einem Produkt oder einem Rohstoff oder die Einhaltung von Anforderungen für einen Herstellungsprozess;
- die Begrenzung abfallspezifischer Schadstoffe;
- die Art des Nachweises und der Nachweisführung in Abhängigkeit der Qualitätskriterien und
- unter Berücksichtigung der Abfallart und der Verwendungszwecke Art, Form und Umfang der Aufzeichnungen gemäß Abs. 5 und Art, Form, Umfang und Übermittlung der Meldungen gemäß Abs. 4 und 5.

Und es gilt weiters, wer die Abfalleigenschaft eines bestimmten Abfalls gemäß einer Verordnung nach Abs 2 enden lassen will, hat dies der Bundesministerin zu melden und eine Erklärung anzuschließen, dass das Vermischungsverbot gemäß § 15 Abs. 2 eingehalten wird.

Hinsichtlich der Definition von Nebenprodukten legt das AWG 2002 im § 2 Abs 3a folgendes fest: Ein Stoff oder Gegenstand, der das Ergebnis eines Herstellungsverfahrens ist, dessen Hauptziel nicht die Herstellung dieses Stoffes oder Gegenstands ist, gilt als Nebenprodukt und nicht als Abfall, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- es ist sicher, dass der Stoff oder Gegenstand weiterverwendet wird;
- der Stoff oder Gegenstand kann direkt ohne weitere Verarbeitung, die über die normalen industriellen Verfahren hinausgeht, verwendet werden;
- der Stoff oder Gegenstand wird als integraler Bestandteil eines Herstellungsprozesses erzeugt und
- die weitere Verwendung ist zulässig, insbesondere ist der Stoff oder Gegenstand unbedenklich für den beabsichtigten sinnvollen Zweck einsetzbar, es werden keine Schutzgüter (im Sinne von § 1 Abs. 3) durch die Verwendung beeinträchtigt und es werden alle einschlägigen Rechtsvorschriften eingehalten.

Die Europäische Kommission hat zu diesem Thema eine Mitteilung herausgegeben, die die Judikatur des Europäischen Gerichtshofes zusammenfasst und Nebenproduktbeispiele nennt (Mitteilung vom 17. Oktober 2007, 6868/1/07 REV 1 (de), KOM(2007) 59 endgültig/2).

Derzeit gibt es weder auf EU-Ebene noch auf nationaler Ebene spezifische festgelegte Kriterien für das Abfallende von Kunststoffabfällen. Die Europäische Kommission veröffentlichte 2014 eine Studie⁵⁸, welche eine Zusammenstellung von Grundlagen für die Entwicklung von Abfallende-Kriterien für Kunststoffabfälle enthält. Die Festlegung von Abfallende-Kriterien für Kunststoffabfälle auf EU-Ebene ist aber derzeit und in näherer Zukunft nicht vorgesehen.

3.6 Anforderungen an den Umgang mit Schadstoffen beim Recycling von Kunststoffen

In Bezug auf Schadstoffe in Recyclingkunststoffen ist eine Vielzahl von Regularien – überwiegend auf EU-Ebene – hinsichtlich Stoffbeschränkungen beziehungsweise -verbote in diversen Kunststoffherzeugnissen zu beachten. Viele EU-Regelungen stützen sich auf die internationalen Vorgaben des Stockholmer Übereinkommens über persistente organische Schadstoffe. Weiters gibt es für bestimmte Kunststoffabfälle und kunststoffhaltige Abfallströme Behandlungsanforderungen, welche darauf abzielen, Schadstoffeinträge in Recyclingprozesse zu unterbinden.

Im Folgenden sind bedeutsame Regularien hinsichtlich Schadstoffbeschränkungen in Erzeugnissen gelistet:

- Anhang XVII der REACH Verordnung (1907/2006/EG) listet Stoffe, deren Verwendung generell oder in bestimmten Anwendungsbereichen (z. B. in Kunststoffen, Reifen etc.) untersagt ist. Dies betrifft eine Vielzahl von Stoffen, die in Kunststoffen eingesetzt werden (Weichmacher, Flammhemmer etc.).

**EU REACH-
Verordnung**

⁵⁸ EC Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies: End-of-waste criteria for waste plastic for conversion

<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC91637/2014-jrc91637%20.pdf>

- POP-Verordnung** ● Die POP-Verordnung (2019/1021/EU) verbietet die Verwendung von persistenten organischen Schadstoffen, darunter bestimmte Flammschutzmittel, die früher in Kunststoffen Anwendung fanden, wie z. B. Hexabromcyclododekan (HBCD) oder bestimmte Polybromierte Diphenylether (PBDE).
- RoHS-Richtlinie** ● Die RoHS-Richtlinie (2011/65/EU) hat die Beschränkung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten zum Ziel. Dies betrifft auch Stoffe, die in Kunststoffen als Additive eingesetzt werden/wurden, wie bestimmte Phthalate, polybromierte Diphenylether oder Schwermetalle. Annex II listet die beschränkten Stoffe und die zulässigen Höchstkonzentrationen in homogenen Werkstoffen.
- Verpackungs- und
Altfahrzeug-
Richtlinie** ● Die Verpackungsrichtlinie (94/62/EC) und die Altfahrzeugrichtlinie (2000/53/EG) beschränken den Einsatz bestimmter Schwermetalle, welche zum Beispiel als Stabilisatoren (Pb) oder Farbstoffe (Cd) in Kunststoffen eingesetzt werden/wurden. Die Entscheidung 2009/292/EG legt die Bedingungen fest, unter denen die in der Verpackungsrichtlinie festgelegten Schwermetallgrenzwerte nicht für Kunststoffkästen und -paletten gelten (geschlossener Kreislauf, kontrolliertes Vertriebs- und Mehrwegsystem, kein neuerlicher Zusatz der relevanten Schwermetalle, Kennzeichnungspflicht).
- Verordnung über
Lebensmittelkontakt
materialien** ● Die Verordnung (EU) Nr. 10/2011 über Produkte, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Kontakt zu treten, stellt ebenfalls Anforderungen an Schadstoffe in Kunststoffprodukten und zwar in Form einer Positivliste von Stoffen, die in Lebensmittelkontaktmaterialien eingesetzt werden dürfen (Annex I⁵⁹). Weiters sind Migrationswerte in die Lebensmittel für bestimmte Stoffe festgelegt.

Betreffend Behandlungsanforderungen für Abfälle sind im Hinblick auf die Schadstoffentfrachtung insbesondere folgende Regelungen zu erwähnen:

- EU POP-Verordnung** Die EU POP-Verordnung fordert für POP-haltige Abfälle, dass die Zerstörung oder irreversible Umwandlung der enthaltenen POPs sichergestellt wird. Anhang IV legt die Höchstwerte für POPs in Abfällen fest, ab denen eine Zerstörung oder irreversible Umwandlung gefordert ist. Für Kunststoffabfälle sind insbesondere die Einträge für bestimmte sogenannte „neue POPs“ wie Hexabromcyclododekan (HBCDD) oder bestimmte Polybromierte Diphenylether (PBDE) relevant. SCCP (Short Chained Chlorinated Paraffins – kurzkettige Chlorparaffine) wurden hauptsächlich in Kunststoffen als Weichmacher oder Flammschutzmittel eingesetzt (z. B. in Fugendichtmassen, Kabel, Schläuchen, Boden- und Wandbelägen).
- EU EAG-Richtlinie,
Abfallbehandlungspflichtenverordnung** Die Richtlinie 2012/19/EU über Elektro- und Elektronikaltgeräte fordert sehr allgemein (Anhang VII), dass Kunststoffe, die bromierte Flammschutzmittel enthalten, bei der Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten entfernt werden müssen. National wird diese Anforderung in der Abfallbehandlungspflichtenverordnung (BGBl. II Nr. 102/2017) präzisiert. Für Kunststoffe aus Elektro- und Elektronikaltgeräten, bei denen bromierte Flammschutzmittel mit einem Gesamtbromgehalt von größer oder gleich 2.000 mg/kg nicht ausgeschlossen werden können, ist mittels Qualitätssicherungssystem sicherzustellen, dass die Ausschleusung der belasteten Kunststoffe erfolgt, wenn die Kunststoffe für eine stoffliche Verwertung bestimmt sind (§ 8 Abs. 1).

⁵⁹ „Unionsliste“

Die Verordnung EG 282/2008 *über Materialien und Gegenstände aus recyceltem Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen* legt fest, dass Recyclingkunststoffe, die für derartige Materialien eingesetzt werden dürfen, aus einem durch die EU-Kommission zugelassenen Recyclingverfahren stammen müssen. Geregelt sind das Prozedere der Zulassung von Recyclingverfahren und die Bedingungen dafür (z. B. Festlegung von Kriterien für das Inputmaterial in den Recyclingprozess, Qualitätssicherung) sowie die amtliche Kontrolle. Die zugelassenen Verfahren sollten auch in einem Register veröffentlicht werden (Artikel 9).

EU Verordnung über Lebensmittelkontaktmaterialien aus recyceltem Kunststoff

3.7 Verbringung von Kunststoffabfällen aus/nach Österreich

Die Verbringung von Abfällen ist auf EU-Ebene in Umsetzung der Basler Konvention und der OECD-Beschlüsse über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen zur Verwertung einheitlich durch die Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 über die Verbringung von Abfällen (im Folgenden EG-Verbringungsverordnung), idF. der Verordnung (EU) Nr. 660/2014, geregelt. Sie gilt unmittelbar und bedarf keiner Umsetzungsmaßnahmen in nationales Recht. Im AWG 2002 finden sich dazu jedoch Ausführungsbestimmungen.

Die EG-Verbringungsverordnung legt das Überwachungsverfahren fest, nach dem die grenzüberschreitende Verbringung zu erfolgen hat. Das anzuwendende Verfahren hängt vom Behandlungsverfahren (Verwertung oder Beseitigung), der Abfallart und dem Bestimmungsland (EU/OECD/Nicht-OECD) ab. Mit der Verordnung wurde ein Zweilistensystem: „Grüne Abfallliste“ (kein Notifizierungsverfahren, aber Verwertungsvertrag und Annex VII Formular) und „Gelbe Abfallliste“ (Notifizierungsverfahren und Zustimmung der Umweltbehörden) für zur Verwertung bestimmte Abfälle geschaffen.

Die in den Anhängen der EG-Verbringungsverordnung **nicht gelisteten Abfälle oder Abfallgemische** unterliegen stets dem Verfahren der schriftlichen Notifizierung und Zustimmung, die Ausfuhr gefährlicher Abfälle in Nicht-OECD Staaten ist verboten.

Abfälle zur Beseitigung unterliegen immer einer Notifizierungs- und Zustimmungspflicht. Die Beseitigung darf nur in EU und EFTA Ländern erfolgen.

Nationale Erläuterungen zu den Einträgen für Kunststoffabfälle finden sich im Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP 2017, Teil 2). In Österreich wurde festgelegt, dass die Verbringung von Abfällen, deren Gehalte an persistenten organischen Schadstoffen (POPs) die Grenzwerte von Anhang IV der EU-POP Verordnung überschreiten, stets notifizierungs- und zustimmungspflichtig ist, damit die zulässigen Behandlungsverfahren für derartige Abfälle überwacht werden können. Dies ist insbesondere relevant für Kunststoffabfälle, die POP-Schadstoffe enthalten, zum Beispiel flammhemmerbelastete Kunststoffe aus der Elektronikschrottaufbereitung, der Alt-KFZ-Verwertung oder aus dem Abbruch von Gebäuden.

Zusammenfassend ist daher betreffend Notifizierungspflicht für die **Verbringung von Kunststoffabfällen zur Verwertung** – abgesehen vom Bestimmungsland und anzuwendenden Ausnahmen – wesentlich, wie der einzelne Kunststoffabfall

Verbringung von Kunststoffabfällen zur Verwertung

einzustufen ist, das heißt ob er unter die Grüne beziehungsweise Gelbe Liste fällt oder einen nicht gelisteten Abfall darstellt.

Grüne Abfallliste

Die **Grüne Abfallliste** enthält Abfälle, die den allgemeinen Informationspflichten entsprechend Art. 18 der EG-Verbringungsverordnung unterliegen. Folgende Kunststoffabfälle sind in der **Grünen Abfallliste – Anhang III** unter der Hauptgruppe B3 gelistet:

B3 ABFÄLLE AUS VORWIEGEND ORGANISCHEN BESTANDTEILEN, DIE METALLE ODER ANORGANISCHE STOFFE ENTHALTEN KÖNNEN

B3010 Feste Kunststoffabfälle

Folgende nach einer Spezifikation aufbereitete Kunststoffe und Mischkunststoffe, sofern sie nicht mit anderen Abfällen vermischt sind:

- *Kunststoffabfälle aus nicht halogenierten Polymeren und Copolymeren, einschließlich, aber nicht begrenzt auf folgende Stoffe (vollständig polymerisiert):
Ethylen, Styrol, Polypropylen, Polyethylenterephthalat, Acrylnitril, Butadien, Polyacetale, Polyamide, Polybutylenterephthalat, Polycarbonate, Polyether, Polyphenylsulfide, Acrylpolymer, Alkane (C10-C13) (Weichmacher), Polyurethane (FCKW-frei), Polysiloxane, Polymethylmethacrylat, Polyvinylalkohol, Polyvinylbutyral, Polyvinylacetat*
- *ausgehärtete Harzabfälle oder Kondensationsprodukte, einschließlich folgender Stoffe:
Harnstoff-Formaldehyd-Harze, Phenol-Formaldehyd-Harze, Melamin-Formaldehyd-Harze, Epoxidharze, Alkydharze, Polyamide*
- *folgende fluorierte Polymerabfälle (beim Endverbraucher anfallende Abfälle gehören nicht zu diesem Eintrag):*
- *Perfluorethylen/-propylen (FEP)
Perfluoralkoxyalkan, Tetrafluorethylen/Perfluorvinylether (PFA), Tetrafluorethylen/Perfluormethylvinylether (MFA), Polyvinylfluorid (PVF), Polyvinylidenfluorid (PVDF), Polymere und Copolymere fluorierten Ethylens (PTFE, Teflon®)*

B3030 Textilabfälle

Folgende nach einer Spezifikation aufbereitete Stoffe, sofern sie nicht mit anderen Abfällen vermischt sind:

...

- *Abfälle von Chemiefasern (einschließlich Kämmlinge, Garnabfälle und Reißspinnstoff)
 - *aus synthetischen Chemiefasern*
 - *aus künstlichen Chemiefasern**

...

B3040 Gummiabfälle

Folgende Stoffe, sofern sie nicht mit anderen Abfällen vermischt sind:

- *Abfälle und Schnitzel von Hartgummi (z. B. Ebonit)
 - *andere Gummiabfälle (sofern nicht unter einer anderen Position aufgeführt)**

B3080 Bruch und Schnitzel von Gummiabfällen

B3140 *Altreifen, sofern sie nicht für ein in Anlage IV Abschnitt A (Basler Konvention) festgelegtes Verfahren bestimmt sind*

Folgende Gemische von Kunststoffabfällen sind in der **Grünen Abfallliste – Anhang IIIA** angeführt: Das sind Gemische aus zwei oder mehr in Anhang III aufgeführten Abfällen, die nicht als Einzeleintrag eingestuft sind.

- Gemische aus Abfällen, die in den Einträgen B3040 und B3080 des Basler Übereinkommens eingestuft sind,
- Gemische aus Abfällen, die im Eintrag B3010 (Kunststoffe) des Basler Übereinkommens eingestuft und unter „Kunststoffabfälle aus nichthalogenierten Polymeren und Copolymeren“ aufgeführt sind,
- Gemische aus Abfällen, die im Eintrag B3010 (Kunststoffe) des Basler Übereinkommens eingestuft und unter „Ausgehärtete Harzabfälle oder Kondensationsprodukte“ aufgeführt sind,
- Gemische aus Abfällen, die im Eintrag B3010 (Kunststoffe) des Basler Übereinkommens eingestuft und unter „Perfluoralkoxyalkan“ aufgeführt sind,
- Gemische aus Abfällen, die im Eintrag B3040 (Gummiabfälle) des Basler Übereinkommens eingestuft sind.

Für die unterschiedlichen Kunststoffabfälle gelten die in Tabelle 5 angeführten nationale Bedingungen für die Einstufung in die Grüne Abfallliste.

| Code | Abfall | Zulässige Verunreinigungen mit anderen Abfällen der Grünen Liste in Masse%* |
|--|--|---|
| B3010 und diesbezügliche ANHANG IIIA-Gemische | Feste Kunststoffabfälle und ausgehärtete Harze sowie definierte Gemische | 10 % davon Anteil an PVC max. 5 %; Anteil an behandeltem Holz max. 1 % Bromierte Flammhemmer: < 0,1 % Summe POP-PBDE, < 0,1 % HBCD Grenzwert jedenfalls eingehalten, wenn der Gesamtbromgehalt < 0,2 % ist. |
| GH013 | PVC | 10 % davon Anteil an nicht halogenierten und fluorierten Kunststoffabfällen max. 5%; Anteil an behandeltem Holz max. 1 % |
| B3040, B3080 und diesbezügliche ANHANG IIIA Gemische | Gummi | 10 % Hinweis: der Code B3040 umfasst auch geshredderte Altreifen |

*Tabelle 5:
Zulässige
Toleranzwerte für die
Einstufung in die Grüne
Abfallliste für feste
Kunststoffabfälle in
Österreich (Quelle:
BAWP 2017, Kapitel 9
Leitlinien zur
Abfallverbringung)*

* Für nicht spezifisch angeführte Abfallarten der Grünen Liste (Anhang III, IIIA und IIIB) darf der Anteil an anderen Abfällen der Grünen Liste max. 10 % betragen. Durch diese Verunreinigung darf die umweltgerechte Verwertung der betreffenden Abfälle nicht verhindert werden. Ein höherer Prozentsatz an Verunreinigungen mit anderen Abfällen der Grünen Liste bedingt in Österreich stets die Notifizierungspflicht.

Technische Rahmenbedingungen und detailliertere Erläuterungen (betreffend Bezeichnung, physikalische Eigenschaften, nähere Beschreibung, Abgrenzung zu anderen Abfällen der Grünen Liste, der Gelben Liste oder zu nicht gelisteten Abfällen) zu den Kunststoffabfallarten und Gemischen der Grünen Abfallliste können den Leitlinien zur Abfallverbringung (vgl. BAWP 2017, Kapitel 9.3.1-9.3.3: Erläuterungen zu Anhang III, IIIA und IIIB) entnommen werden.

Zu beachten ist, dass gemäß den Änderungen des Basler Übereinkommens der Vereinten Nationen über die Verbringung gefährlicher Abfälle, die Anfang Mai 2019 verabschiedet wurden, Exporteure unsortierter oder kontaminierter Kunststoffabfälle ab Ende 2020 die Einwilligung der Behörden des Empfangslandes einholen müssen⁶⁰. Intention war und ist es, insbesondere in Anbetracht der Meeresverschmutzung mit Kunststoffen und der Mikroplastikproblematik, dass nur saubere Kunststoffabfälle in Drittstaaten ohne Notifizierungsverfahren zum Zweck des Recyclings (nicht zwecks thermischer Verwertung) exportiert werden können.

Folgende Änderungen der Anhänge der Basler Konvention treten ab 1. Jänner 2021 in Kraft:

- Eintrag für gefährliche Kunststoffabfälle: **A3210 in Anhang VIII**
- (Diese Abfälle unterliegen den Exportbeschränkungen gemäß Artikel 4A der Konvention.).
- Eintrag **B3011** für sortenreine, zum unmittelbaren stofflichen Recycling bestimmte Kunststoffabfälle (mit Ausnahme von PVC) **in Anhang IX**. (Diese Abfälle sind nicht Gegenstand der Konvention.)
- **Eintrag Y48 auf Annex II für Kunststoffabfälle**, die weder dem Eintrag B3011, noch dem Eintrag A3120 zuzuordnen sind. Dies umfasst, z. B. verschmutzte oder vermischte Kunststoffabfälle oder jene, die POPs enthalten, aber keine gefährlichen Abfälle darstellen.

Das heißt die aktuelle Änderung betrifft den Export von „unsortierten Kunststoffabfällen zum Recycling“, die bisher als „Grüne Liste-Abfälle“ ohne Behördennotifizierung exportiert werden konnten, sofern nicht nationale Präzisierungen dagegensprachen.

Der OECD-Ratsbeschluss zur Abfallverbringung (C(2001)107 endg.) sieht im Regelfall eine automatische Übernahme von Änderungen der Anhänge II, VIII und IX des Basler Übereinkommens vor. Gegen diese Änderungen haben allerdings die USA (nicht Vertragspartei des Basler Übereinkommens) einen Einspruch eingelegt. Auf Ebene einer ad hoc Arbeitsgruppe konnte Einigung erzielt werden, dass in das OECD-System ein zum Eintrag A3210 analoger Eintrag in den Anhang IV aufgenommen werden soll. Die Einträge B3011 und Y48 werden auf Grund des mangelnden Konsenses nicht in das OECD-System übernommen.

Die Union hat die Änderungen der Anhänge auf der 14. Vertragsparteienkonferenz unterstützt, der entsprechende Ratsbeschluss sieht aber vor, dass für Verbringungen innerhalb der Union der Status quo weitgehend beibehalten werden soll. Diese Abweichung vom Kontrollregime der Basler Konvention für intra-EU Verbringungen stellt ein Abkommen gemäß Artikel 11 der Konvention dar. Voraussichtlich werden Mischungen von Kunststoffen (des Eintrags B3011) für Verbringungen innerhalb der Union in den Anhang 3A aufgenommen und der Eintrag Y48 in Anhang 4 nicht für Verbringungen innerhalb der Union angewendet werden.

⁶⁰ <http://www.basel.int/Implementation/Plasticwastes/Overview/tabid/6068/Default.aspx>

Die „**Gelbe Abfallliste**“ (Anhang IV⁶¹) enthält jene Abfälle, die dem Verfahren der vorherigen schriftlichen Notifizierung und Zustimmung unterliegen. Sie umfasst die in den Anlagen II und VIII des Basler Übereinkommens aufgeführten Abfälle.

Gelbe Abfallliste

Folgende Einträge der Anlage VIII des Basler Übereinkommens können auch Kunststoffabfälle enthalten:

- A3050 Abfälle aus der Herstellung, Zubereitung und Verwendung von Harzen, Latex, Weichmachern oder Leimen/Klebstoffen, mit Ausnahme der in Liste B aufgeführten Abfälle (siehe den diesbezüglichen Eintrag in Liste B62, B4020)
- A3120 FLUFF – Shredderleichtfraktion
- A4020 Klinischer Abfall und ähnliche Abfälle, d.h. Abfälle, die bei ärztlicher Behandlung, Krankenpflege, Zahnbehandlung, tierärztlicher und ähnlicher Behandlung oder in Krankenhäusern oder sonstigen Anlagen bei der Untersuchung oder Behandlung von Patienten oder im Rahmen von Forschungsvorhaben anfallen
- A4070 Abfälle aus der Herstellung, Zubereitung und Verwendung von Tinten, Farbstoffen, Pigmenten, Farben, Lacken und Firnissen, ausgenommen die in Liste B aufgeführten Abfälle (siehe den diesbezüglichen Eintrag in Liste B, B4010)
- A4130 Verpackungsabfall und Behälter, die in Anlage I (Basler Konvention) genannte Stoffe in solchen Konzentrationen enthalten, dass sie eine der in Anlage III (Basler Konvention) festgelegten Gefahreigenschaften aufweisen

Die in den Anhängen der EG-Verbringungsverordnung **nicht gelisteten Kunststoffabfälle** (z. B. Kunststoffgemische mit PVC) unterliegen bei der Ein- und Ausfuhr stets dem Verfahren der schriftlichen Notifizierung und Zustimmung.

Kunststoffabfälle – nicht gelistete Abfälle

⁶¹ Anhang IVA enthält in Anhang III aufgeführte Abfälle, die dem Verfahren der vorherigen schriftlichen Notifizierung und Zustimmung unterliegen („Grüne Liste Abfälle, die auf EU-Ebene einer Notifizierung unterworfen werden“).

⁶² Verweise auf die Liste B der Basler Konvention beziehen sich in der EG-Verbringungsverordnung auf Anhang III der Verordnung

4 ANLAGEN ZUR SORTIERUNG/AUFBEREITUNG VON KUNSTSTOFFABFÄLLEN – ZUSAMMENFASSUNG AUSGEWÄHLTER BEISPIELE

In Österreich standen im Jahr 2018 entsprechend Statusbericht 2020 zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BMK, 2020) 220 Anlagen zur Sortierung und Aufbereitung von Altstoffen und sonstigen Abfällen zur Verfügung (exklusive der Recyclinganlagen, siehe Kapitel 4).

Davon werden auf zwölf Standorten in Anlagen ausschließlich Kunststoffabfälle mit einer jährlichen Verarbeitungskapazität von 225.700 Tonnen aufbereitet. An diesen zwölf Standorten wurden im Jahr 2018 circa 149.300 Tonnen Abfälle sortiert und aufbereitet.

4.1 Übersicht der ausgewählten Sortieranlagen

Von den 12 Anlagenstandorten wurden vier Sortieranlagen für Kunststoffabfälle aufgrund ihrer großen Verarbeitungskapazität in den Untersuchungsrahmen der vorliegenden Studie aufgenommen (siehe Tabelle 6). Diese vier Anlagen haben insgesamt eine jährliche Verarbeitungskapazität von circa 123.000 Tonnen.

*Tabelle 6:
Übersicht über die
untersuchten
Sortieranlagen für
Kunststoffabfälle*

| Nr. | Bundesland | Betreiber / Standort | Kapazität in Jahrestonnen |
|-----|------------------|--|---------------------------|
| 1 | Oberösterreich | Energie AG GmbH, Hörsching ⁶³ | 40.000 |
| 2 | Steiermark | Saubermacher Dienstleistungs AG, Graz | 35.000 |
| 3 | Tirol | Tiroler Recycling GmbH, Pfaffenhofen | 28.000 |
| 4 | Niederösterreich | Sort4You GmbH, Wöbling | 20.000 |

4.2 Übernommene Kunststoffabfälle bzw. kunststoffhaltige Abfälle

4.2.1 Art, Menge und Herkunft

Die vier ausgewählten Anlagen übernehmen zum überwiegenden Anteil die Abfall-Schlüsselnummer SN 91207 (Leichtfraktion aus der Verpackungssammlung) und sortieren diese Abfälle im Auftrag der Verpackungssysteme. Darüber hinaus werden in geringem Ausmaß auch sortenreine Kunststoffverpackungen übernommen, die teils sortiert, teils aber auch direkt weitergegeben werden.

In den vier im Detail betrachteten Anlagen wurden circa 95.000 Tonnen an getrennt erfasster Leichtfraktion aus der Verpackungssammlung (SN 92107) sortiert und aufbereitet, was etwa der Hälfte der gesamten Behandlung dieser Abfallart in Österreich entspricht (Aufkommen von ca. 213.000 Tonnen im Jahr 2018).

⁶³ Die Anlage der Energie AG in Hörsching ist nach einem Großbrand seit Oktober 2019 außer Betrieb.

Die in den vier betrachteten Anlagen sortierten Verpackungsabfälle stammen vorwiegend aus dem Post-Consumer-Bereich beziehungsweise aus Haushalten (Modul 1 und 2⁶⁴). Zusätzlich werden ausgewählte Chargen aus dem Post-Industriellen-Bereich beziehungsweise als Produktionsrückstände mit hoher Sortenreinheit übernommen (Modul 3).

4.2.2 Antransport (Gebinde, Transportmittel)

Alle angelieferten Abfälle werden im Inland gesammelt, wobei die Art der Sammlung auf unterschiedliche Weise erfolgt:

- Leichtverpackungen (inkl. Getränkeverbundkartone), gesammelt aus Haushalten
- Leichtverpackungen (inkl. Getränkeverbundkartone) gemeinsam mit Metallverpackungen, gesammelt aus Haushalten
- Hohlkörpersammlung (inkl. Getränkeverbundkartone) aus Haushalten
- Weitere Kunststoffabfälle, getrennt erfasst aus dem Gewerbe

Die Anlieferung erfolgt in Säcken, verpressten Ballen und auch lose in Container/LKW mit Unterschubböden. Keine der vier betrachteten Anlagen nutzt einen Bahnanschluss zur Anlieferung.

4.2.3 Qualitätssicherung Inputmaterial

Die Qualität der angelieferten Abfälle ist stark abhängig von der Art des Erfassungssystems (Hol-/Bringsystem, getrennte Sammlung von nur einer oder von mehreren Fraktionen in einem Gebinde). Betreiber von Sortieranlagen sind oftmals auch Abfallsammler und können dadurch die Art der Erfassung beziehungsweise Sammlung mitgestalten.

Massenströme werden durch Verwiegung und Lieferscheine dokumentiert. Sichtkontrollen der Anlieferungen werden auch aus Eigeninteresse, um die Anlage technisch vor ungewünschten Störstoffen zu schützen, durchgeführt.

Mit den Sammel- und Verwertungssystemen für Verpackungen bestehen Verträge, über welche auch Kontrollen/Analysen zu den angelieferten Abfallströmen vereinbart sind. Der Anteil an Störstoffen (Fehlwürfen) im Inputmaterial wird fortlaufend bestimmt und auch für die Festlegung der Abgeltungen für die durchgeführten Leistungen (Behandlung/Wertstoffbereitstellung) berücksichtigt.

Auch mit den Kommunen haben die Anlagenbetreiber Verträge, in denen Qualitätskriterien für die Annahme der Abfälle festgelegt sind.

Nach Auskunft der Betreiber der vier betrachteten Anlagen sind Reklamationen zu Inputmaterialien sehr selten.

⁶⁴ Modul 1 umfasst die Sammlung von LVP und Metallen aus den Haushalten. Die Verpackungsabfallentsorgung des Kleingewerbes findet im Rahmen der Haushaltserfassung statt, und ist Modul 2 zugeordnet. Zudem können Verpackungen aus Haushalten und haushaltsähnlichen Anfallstellen innerhalb des Moduls 5 auf Übernahmestellen der Gemeinden, wie beispielsweise Wertstoffhöfen, abgegeben werden [Scharff 2005, S. 205].

4.3 Zielfractionen aus der Sortierung von Kunststoffabfällen bzw. kunststoffhaltigen Abfällen

4.3.1 Art, Menge und Verbleib

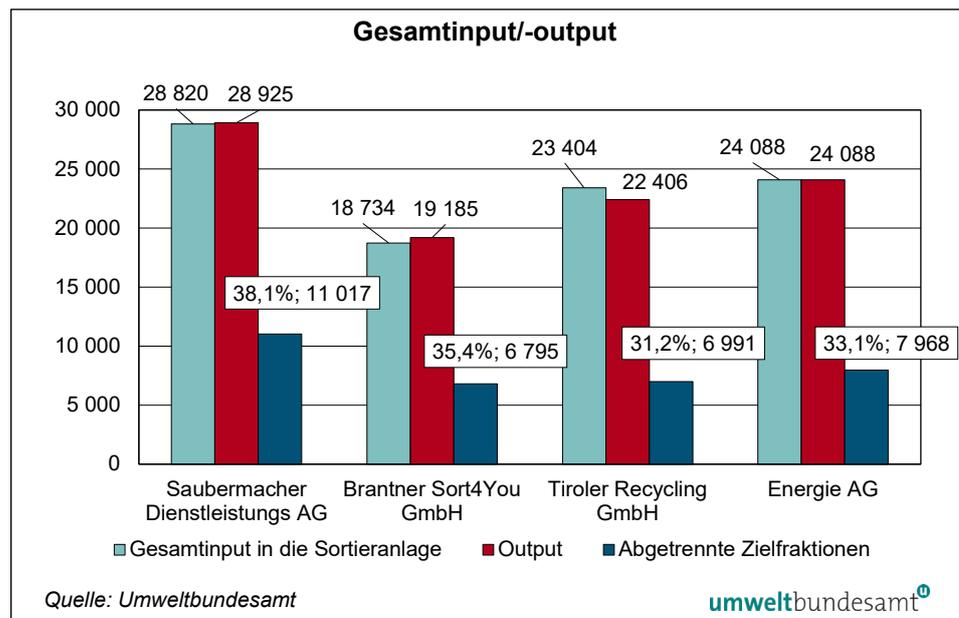
Folgende Fraktionen werden in den vier betrachteten Anlagen gezielt, in unterschiedlichem Ausmaß, durch die Aufbereitungs- und Sortierprozesse abgetrennt:

- PET (Mischfraktion, unterschiedliche Farben enthaltend); PET Natur; PET Blau; PET Grün
- PE
- HDPE (Eimer); HDPE (Kanister); HDPE (Flaschen)
- LDPE (Mischfraktion, unterschiedliche Farben enthaltend); LDPE Natur; LDPE Bunt
- PVC
- GVK (Getränkeverbundkartone)
- PS/PP (Mischfraktion, unterschiedliche Farben enthaltend)
- NE-Verpackungen (Aluminium, Aluminiumfolien)
- Fe-Verpackungen

Die Spezifikationen (Benennungen) erfolgen nach den Kennungen der Sammel- und Verwertungssysteme.

Diese Zielfractionen umfassen bei den vier betrachteten Anlagen massenmäßig zwischen 31,2 % und 38,1 % (siehe auch Abbildung 4) bezogen auf den Gesamtoutput. Nach Auskunft der Betreiber werden diese Fraktionen vollständig sowohl im In- als auch im Ausland stofflich verwertet. Die Zielfractionen befinden sich in der Regel im Eigentum der Sammel- und Verwertungssysteme.

Abbildung 4:
Gesamtinput/-output und abgetrennte Zielfraktion (bezogen auf den Output) für die vier betrachteten Anlagen (2018, in Tonnen und Prozent)



Die wesentliche Wertstofffraktion innerhalb der Zielfractionen entfällt auf PET (PET Mischfraktion, PET Natur, PET Blau, PET Grün) mit 31,1 % bis 59,3 % bezogen auf die gesamte Zielfraction, beziehungsweise 9,7 % bis 21,0 % bezogen auf den gesamten Output der vier betrachteten Anlagen.

In Hinblick auf eine Verbesserung der Wertstoffabtrennung wird seitens der Anlagenbetreiber die Möglichkeit einer Erhöhung der Sortiertiefe für die Zielfractionen angesprochen, die teils durch technische Adaption aber auch durch Verfahrensumstellung (wiederholtes Durchlaufen von Sortierautomaten, langsamere Förderbänder in der Handsortierung) realisierbar wäre. Dies würde jedoch einen wirtschaftlichen Mehraufwand bedeuten.

4.3.2 Abtransport (Gebinde, Transportmittel)

Der Großteil der Zielfractionen wird mit einer Presse zu Ballen verpresst und per LKW zur stofflichen Verwertung verbracht. Keine der vier betrachteten Anlagen nutzt einen Bahnanschluss zum Abtransport.

4.3.3 Qualitätssicherung

Qualitative Anforderungen für die Zielfractionen sind auf vertraglicher Ebene zwischen Betreiber der Sortieranlage und den Sammel- und Verwertungssystemen vereinbart.

Beispielsweise sind für PET-Getränkeflaschen natur, blau und grün, sofern diese einem PET-Recycling zugeführt werden und Anforderungen an die Lebensmitteltauglichkeit zu erfüllen sind, Reinheiten von 98 % nach der Sortierung (als Input in die nachfolgende Recyclinganlage) definiert. Für andere Verwertungsschienen außerhalb des Lebensmittelbereiches sind bei PET Reinheiten von 95 % gefordert. Diese Anforderungen werden seitens der Systeme regelmäßig kontrolliert, zum Beispiel quartalsweise per Sortieranalysen an den Standorten der Sortieranlagen.

Produktdatenblätter und Kriterien für Qualitäten (z. B. Verunreinigungen, Feuchte, etc.) werden seitens der Systeme vorgegeben.

4.4 Restfractionen aus der Sortierung von Kunststoffabfällen bzw. kunststoffhaltigen Abfällen

4.4.1 Art, Menge und Verbleib

Folgende Fractionen verbleiben in den vier betrachteten Anlagen als Restfractionen:

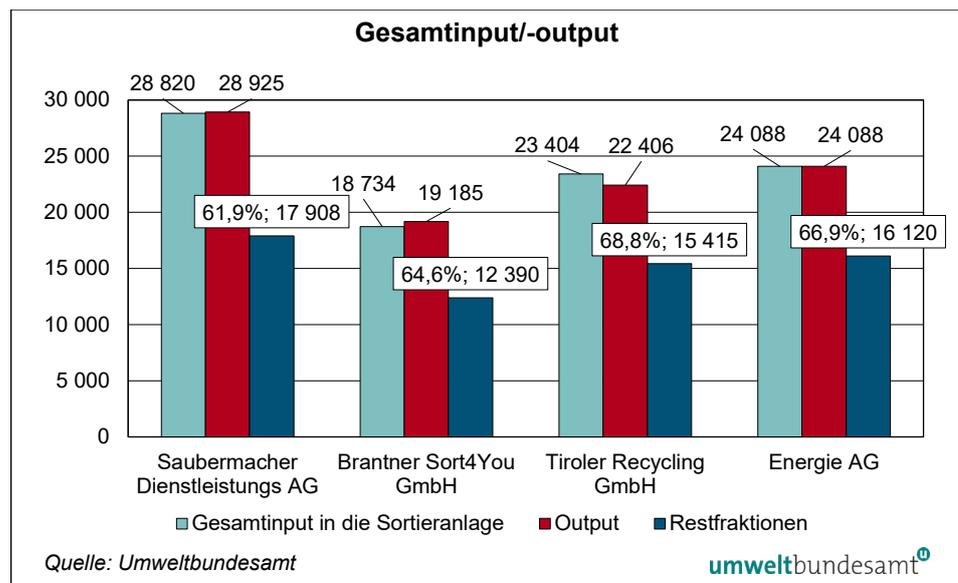
- Mischkunststofffractionen, angegeben als
 - Leichtfraction aus der Verpackungssammlung (SN 91207)
 - Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung (SN 91103)
- Andere Restfractionen (inkl. Störstoffe)
 - Siedlungsabfälle und ähnliche Gewerbeabfälle (SN 91101)

- Spezifische Abfallarten, sofern zuordenbar (z. B. SN 91501 Straßenkehricht, SN 31409 Bauschutt, SN 91206 Baustellenabfälle (kein Bauschutt), SN 31468 Weißglas (Verpackungsglas), SN 31469 Buntglas (Verpackungsglas))

Die Spezifikationen (Benennungen) erfolgen nach den Kennungen der Sammel- und Verwertungssysteme beziehungsweise den Abfallschlüsselnummern der Abfallverzeichnisverordnung.

Die Restfraktionen umfassen bei den vier betrachteten Anlagen massenmäßig zwischen 61,9 % und 68,8 % (siehe auch Abbildung 5) bezogen auf den Gesamtoutput. Nach Auskunft der Betreiber werden diese Fraktionen vollständig sowohl im In- als auch im Ausland thermisch verwertet, dies oft in Form der Aufbereitung zu Ersatzbrennstoffen für die Zementindustrie. Auch die Restfraktionen befinden sich in der Regel im Eigentum der Sammel- und Verwertungssysteme. In Abhängigkeit des Fehlwurfanteils im Zuge der Sammlung von Verpackungsabfällen, welcher für Gemeinden unterschiedlich sein kann und fortlaufend bestimmt wird, verfügen auch die Betreiber der Sortieranlagen über diesen bestimmten Anteil im Eigentum und beeinflussen dessen weiteren Verbleib.

Abbildung 5:
Gesamtinput/-output und verbleibende Restfraktionen (bezogen auf den Output) für die vier betrachteten Anlagen (2018, in Tonnen und Prozent)



Die wesentliche Restfraktion stellt die Mischkunststofffraktion (MKF) dar. Als identifizierte Potentiale im Hinblick auf eine weitere Ausschleusung von Wertstoffen während der Sortierprozesse werden seitens der Anlagenbetreiber vor allem PET und Folien aus der Mischkunststofffraktion benannt.

4.4.2 Abtransport (Gebinde, Transportmittel)

Der Großteil der Restfraktionen wird mit einer Presse zu Ballen verpresst und per LKW zur thermischen Verwertung verbracht. Keine der vier betrachteten Anlagen nutzt einen Bahnanschluss zum Abtransport.

4.5 Technische Prozesse zur Sortierung/Aufbereitung für Kunststoffabfälle bzw. kunststoffhaltige Abfälle

Die Ausgestaltung der technischen Prozesse und Abläufe orientiert sich an den jeweiligen Vereinbarungen mit den Sammel- und Verpackungssystemen. Nachfolgend wird auf die technische Umsetzung in den betrachteten Anlagen eingegangen.

In keiner der betrachteten Anlagen erfolgt ein Übergang vom Abfall zum Produkt, alle Outputfraktionen werden somit als Abfall zur weiteren Aufbereitung übergeben.

Der An- und Abtransport der Abfälle erfolgt ausschließlich per LKW.

4.5.1 Sortier- und Aufbereitungsprozesse

Folgende Sortier- und Aufbereitungsaggregate kommen in den vier betrachteten Sortieranlagen zum Einsatz:

| Aggregat / Einrichtung / Technische Ausführung | Saubermacher Dienstleistungs AG | Brantner Sort4you GmbH | Tiroler Recycling GmbH | Energie AG |
|--|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| Brückenwaage | X | X | X | X |
| Radlader | X | X | X | X |
| Krangreifer | X | | | |
| Sacköffner | X | X | X | X |
| Trommelsieb/ Folientrommel/-splitter | X | X | X | X |
| Handlesebänder/ Sortierkabinen | X | X | X | X |
| Kreisschwingsieb / Spanwellensieb | X | | X | |
| Windsichter | | | X | X |
| Flaschenquetsche/ Perforator | X | | X | |
| Fe-Magnetabscheider (Überband) | X | X | X | X |
| NE-Abscheider | X | X | | X |
| Ballistischer Separator | X | X | X | |
| Nah-Infra-Rot-Technologie | X | X | X | X |
| Ballenpresse | X | X | X | X |

*Tabelle 7:
Verwendete Aggregate
in den untersuchten
Sortieranlagen für
Kunststoffabfälle*

4.5.2 Qualitätssicherungsprozesse

Die Qualitätssicherung und das Qualitätsmanagement orientieren sich an den erforderlichen Abläufen/Anforderungen entsprechend Zertifizierungen nach ISO 14001 oder EMAS.

Die Einstellung der Aggregate muss fortlaufend erfolgen, der Wartung der Anlagenteile kommt besondere Bedeutung zu. Die Qualitätssicherung der technischen Prozesse erfolgt oft durch Einstellung von Zielwerten.

4.5.3 Energie-, Wasser- und Betriebsmittelverbrauch

Der Verbrauch an Energie und Druckluft für den Betrieb der technischen Aggregate ist von besonderer Bedeutung. Dieser ist je nach Prozessführung unterschiedlich und sofern verfügbar je Anlage in den Anlagenberichten im Anhang dieser Studie dargestellt.

Als wesentliche Betriebsmittel sind Schmiermittel für die Anlagentechnik zu nennen. Auch der Drahtverbrauch für die Umwicklung der Ballen ist bedeutend.

Zur Optimierung des Ressourcenverbrauchs im Zuge des Anlagenbetriebs wurden seitens der Anlagenbetreiber folgende wesentliche Maßnahmen benannt:

- Umstellung der Beleuchtung auf LED-Leuchten
- E-Stapler anstelle Dieselstapler
- Nutzung eines Wärmetauschers im Rahmen der Druckluftherzeugung

4.5.4 Emissionen in Luft und Wasser und Emissionsminderungsmaßnahmen

In allen vier betrachteten Sortieranlagen fallen keine Abwässer als Prozesswässer aus den Sortiertätigkeiten an.

Oberflächenwässer von Verkehrs- und Ladeflächen sowie Lagerbereichen (In-/Output) werden an allen Standorten gefasst und extern behandelt. Es befindet sich keine eigene Abwasserreinigungsanlage an den vier betrachteten Standorten.

Abluftströme werden in der Regel punktuell bei den Aggregaten abgesaugt, aber auch über Hallenabsaugungen. Sortierkabinen werden mit Frischluft versorgt und unter Berücksichtigung von Luftwechselraten entsprechend den Anforderungen aus dem Arbeitnehmerschutz betrieben.

In allen vier betrachteten Anlagen werden Staubfilter (Schlauchfilter) zur Reinigung der Abluftströme eingesetzt. Zusätzlich kommen zur Abtrennung von Feststoffen aus dem Abluftstrom in zwei Anlagen Zellwandräder und in einer Anlage ein Zyklon zum Einsatz.

Abgetrennter Staub wird in der Regel ausschließlich extern entsorgt, durch thermische Behandlung oder Deponierung.

5 ANLAGEN ZUM RECYCLING VON KUNSTSTOFFABFÄLLEN IN ÖSTERREICH – ZUSAMMENFASSUNG AUSGEWÄHLTER BEISPIELE

In Österreich standen im Jahr 2018 entsprechend Statusbericht 2020 zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 25 Kunststoffrecyclinganlagen mit einer Gesamtverarbeitungskapazität⁶⁵ von circa 420.000 t/a zur Verfügung. Im Jahr 2018 wurden in diesen Anlagen etwa 200.000 t Kunststoffabfälle werkstofflich rezykliert. Hinzu kommen noch 20 Anlagen zur Verwertung von Styropor mit einer Verarbeitungskapazität von etwa 3.400 t pro Jahr.

Unter Kunststoffrecyclinganlagen werden alle Anlagen⁶⁶ verstanden, die aus (mehr oder weniger vorsortierten) Kunststoffabfällen beziehungsweise kunststoffreichen Abfällen:

- homogenes Mahlgut von einer derartigen Qualität erzeugen, dass dieses Mahlgut ohne weitere Verarbeitung direkt in einen Extrusionsprozess eingebracht werden kann;
- derartige Mahlgüter herstellen und daraus in einem Extrusionsprozess Regulate erzeugen;
- derartige Mahlgüter herstellen und daraus Halbzeuge oder Kunststoffartikel erzeugen.

5.1 Übersicht der ausgewählten Kunststoffrecyclinganlagen

In den Untersuchungsrahmen der vorliegenden Studie wurden elf Kunststoffrecyclinganlagen zum werkstofflichen Recycling aufgenommen. Die Auswahl erfolgte unter dem Gesichtspunkt, einen möglichst breiten Querschnitt bezüglich Art der eingesetzten Abfälle und der angewandten Recyclingprozesse zu untersuchen. Die ausgewählten Anlagen haben insgesamt eine jährliche Verarbeitungskapazität (Abfalleinsatz) von etwa 290.000 Tonnen. Im Jahr 2018 wurden in diesen Anlagen etwa 158.000 Tonnen Kunststoffe werkstofflich rezykliert. In den ausgewählten Anlagen finden somit etwa 80 % des werkstofflichen Recyclings von Kunststoffen in Österreich statt. Zusätzlich wurde in der Studie eine Pilotanlage zum chemischen Recycling (OMV Refining & Marketing GmbH, Schwechat) betrachtet, siehe auch Anlagenbericht im Anhang.

⁶⁵ Die Verarbeitungskapazität bezieht sich zumeist auf den Input an Kunststoffabfällen und ist daher höher als die Recyclingkapazität

⁶⁶ Dabei ist es unerheblich, ob ein Betreiber die Aufbereitung von mehr oder weniger vorsortierten Kunststoffabfällen bzw. kunststoffreichen Abfällen zu Mahlgut und die Herstellung von Regranulaten, Halbzeugen oder Artikeln aus diesem Mahlgut an einem oder mehreren Standorten durchführt.

Tabelle 8:
Übersicht über die
untersuchten
Kunststoffrecycling-
anlagen und deren
Verarbeitungskapazität
für (vorsortierte)
Kunststoffabfälle

| Nr. | Bundesland | Betreiber / Standort | Verarbeitungs- kapazität in Jahrestonnen |
|-----|------------------|---|--|
| 1 | Niederösterreich | MGG Polymers GmbH, Kematen | 55.000 ^{**a} |
| 2 | Oberösterreich | KIAS Recycling GmbH, Ohlsdorf | 30.000 ^{**a} |
| 3 | Salzburg | Reststofftechnik GmbH, Henndorf/Wallersee | 11.100 ^{*a} /7.500 ^{**b} |
| 4 | Oberösterreich | RDG Plast GmbH, Gimpling | ca. 8.000 ^{** a 67} |
| 5 | Oberösterreich | Bage Plastics GmbH, Wolfert/ St. Marien | 25.000 ^{***a} /25.000 ^{**b} |
| 6 | Oberösterreich | Walter Kunststoffe GmbH, Wels/Gunskirchen | 40.000 ^{*a} /60.000 ^{*b} |
| 7 | Burgenland | PET to PET Recycling Österreich GmbH, Müllendorf | 25.000 ^a |
| 8 | Niederösterreich | PET Recycling Team GmbH, Wöllersdorf | 24.000 ^{***a} /20.000 ^{**b} |
| 9 | Kärnten | Kruschitz GmbH, Völkermarkt (Werk 1) | 30.000 ^{**a,b} |
| 10 | Kärnten | Kruschitz GmbH (Werk 2) + KR Kunststoffrecycling GmbH, Kühnsdorf | 40.000 ^{**a,b} |
| 11 | Steiermark | Ecoplast Kunststoffrecycling GmbH, Wildon | 4.000 ^{**a} |

**...genehmigt im Bescheid, **...technisch realisiert*
a...Abfalleinsatz, b...Extrusionskapazität

5.2 Übernommene Kunststoffabfälle bzw. kunststoffhaltige Abfälle und weitere Einsatzstoffe im Recyclingprozess

5.2.1 Art, Menge und Herkunft der übernommenen Kunststoffabfälle bzw. kunststoffhaltigen Abfälle und weiterer Einsatzstoffe

übernommene Menge

Insgesamt wurden im Jahr 2018 von den untersuchten Anlagen knapp 240.000 Tonnen Kunststoffabfälle zur Verwertung übernommen.

Anwendungsbereiche, aus denen die übernommenen Kunststoffabfälle stammen

Diese Abfälle stammen zum überwiegenden Teil (etwa 97 %) aus dem Post-Consumer-Bereich, und zwar aus den folgenden Anwendungsbereichen: Verpackungen, Elektro- und Elektronikaltgeräte, Landwirtschaft (Agrarfolien), Transport (Kunststoffanteile von Altreifen, Transportbehälter wie Tonnen, Paletten, etc.), von Fahrzeugherstellern und -zulieferern, aus dem Gebäudeabbruch/Baubereich (Altfenster, Altrohre) und andere (z. B. Möbel).

Die meisten der ausgewählten Anlagen sind auf die Verarbeitung von Kunststoffabfällen beziehungsweise kunststoffhaltigen Abfällen aus nur einem Anwendungsbereich spezialisiert. Einige Anlagen wie Walter Kunststoffe GmbH oder Kruschitz GmbH (Werk 2) rezyklieren Kunststoffabfälle aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen; zum Teil in unterschiedlichen Recyclingprozessen.

⁶⁷ Max. 35 t/d

Zusätzlich zu den Kunststoffabfällen und kunststoffreichen Abfällen setzen einige der untersuchten Anlagen (RDG Plast GmbH, Kruschitz GmbH (Werk 2)) auch Kunststoffabfälle ein, die rechtlich als Nebenprodukte betrachtet werden, wie bestimmte Rückstände aus der kunststoffverarbeitenden Industrie.

Die in den untersuchten Kunststoffrecyclinganlagen insgesamt eingesetzten Abfälle stammen zu mindestens der Hälfte aus dem Ausland. Eine präzise Angabe ist nicht möglich, da für drei Anlagen zwar bekannt ist, dass sowohl Abfälle aus Österreich als auch aus dem Ausland übernommen werden, aber keine Angaben zu den jeweiligen Anteilen vorliegen.

Tabelle 9 gibt einen Überblick über die von den ausgewählten Anlagen übernommenen Kunststoffabfälle und kunststoffhaltigen Abfälle und den Anteil, der aus dem Inland stammt.

| Kunststoff-abfälle/kunststoffhaltige Abfälle | Details | Übernommene Masse (t/a) | Anzahl Anlagen | Herkunft aus dem Inland (% der übernommenen Masse) |
|--|---|---|-----------------|--|
| Verpackungsbereich, PET-Abfälle | Vorsortierte PET-Getränkeflaschen (überwiegend Flaschen, aber auch PET-Folienabfälle und PET-Preformen-Ausschüsse) | 61.621 | 3 ⁶⁸ | 39 % |
| Weitere vorsortierte Verpackungsabfälle | Vorsortierte Folien, Hohlkörper (Eimer, Kanister) | 70.342 | 3 ⁶⁹ | k. A. ⁷⁰ |
| Fraktionen aus mechanischer Aufbereitung von Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) | Fraktionen aus der mechanischen Aufbereitung von Kleingeräten (EKG) und Kühlgeräten (KG) | 67.000 davon: 47.475 aus EKG, 19.526 aus KG) | 2 ⁷¹ | 16 % |
| KS-Abfälle aus dem Fahrzeugbereich | Altreifen (Anteil Gummi: 60 %), untergeordnet Abfälle aus der Runderneuerung von Reifen, sortenreine Rückstände von Autoherstellern, -zulieferern | 25.634 davon: 23.570 Altreifen, 2.064 Abfälle von Autoherstellern | 2 ⁷² | k. A. ⁷³ |

Herkunft der übernommenen Abfälle

Tabelle 9:
Von den ausgewählten Anlagen im Jahr 2018 übernommene Kunststoffabfälle/kunststoffhaltige Abfälle und deren Herkunft

⁶⁸ PET Recycling Team GmbH, Kruschitz GmbH (Werk 1), PET to PET Recycling Österreich GmbH

⁶⁹ Ecoplast Kunststoffrecycling GmbH, Kruschitz GmbH (Werk 2), Walter Kunststoffe GmbH

⁷⁰ Nur für eine der drei Anlagen ist bekannt, dass der Anteil aus Österreich 25 % ausmacht, für die anderen beiden Anlagen liegen keine Angaben vor

⁷¹ Bage plastics GmbH, MGG Polymers GmbH,

⁷² RDG Plast GmbH, KIAS Recycling GmbH

⁷³ Nur für eine der zwei Anlagen ist bekannt, dass der Anteil aus Österreich 70 % ausmacht, für die andere Anlagen liegen keine Angaben vor

| Kunststoff-abfälle/kunststoffhaltige Abfälle | Details | Übernommene Masse (t/a) | Anzahl Anlagen | Herkunft aus dem Inland (% der übernommenen Masse) |
|--|--|-------------------------|-----------------|--|
| KS-Abfälle aus dem Baubereich | Altfenster, -rohre | 3.160 | 1 ⁷⁴ | 70 % |
| KS-Abfälle aus dem Agrarbereich | Agrarfolien | 1.017 | 2 ⁷⁵ | 100 % |
| Rückstände und Ausschüsse aus der kunststoffverarbeitenden Industrie | Spritzgussware, Folien, Platten Rohre etc. | min 7.390 | min. 6 | n. a. |
| Insgesamt | | Rund 240.000 | 11 | min. 26 % (max. 48) |

Details der übernommenen Abfälle

Den von den Kunststoffrecyclinganlagen übernommenen Kunststoffabfällen und kunststoffhaltigen Abfällen werden unterschiedlichste Abfallschlüsselnummern gemäß Abfallverzeichnisverordnung zugeordnet. *Tabelle 10* gibt einen Überblick.

*Tabelle 10:
Übersicht über die
Zuordnung der
übernommenen
Kunststoffabfälle/kunststoffhaltigen Abfälle zu
Abfallschlüsselnummern*

| Kunststoffabfälle/kunststoffhaltige Abfälle | SN | Abfallbezeichnung | Recyclinganlage |
|---|-------|--|----------------------------|
| Von Anlagen zum Recycling von Fraktionen aus mechanischer Aufbereitung von Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) übernommene Abfallarten | | | |
| Fraktionen aus der mechanischen Aufbereitung von Kleingeräten (EKG)* | 57129 | Sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle | MGG Polymers GmbH bis 2017 |
| Fraktionen aus der mechanischen Aufbereitung von Kleingeräten (EKG)** | 57801 | Shredderleichtfraktion, metallarm | MGG Polymers GmbH ab 2018 |
| Fraktionen aus der mechanischen Aufbereitung von Kleingeräten (EKG)** | 91103 | Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung | |
| Fraktionen aus der mechanischen Aufbereitung von Kleingeräten (EKG)** | 35202 | Elektrische und elektronische Geräte und Geräteteile, ohne umweltrelevante Mengen an gefährlichen Abfällen oder Inhaltsstoffen | |
| Fraktionen aus der mechanischen Aufbereitung von Kühlgeräten (KG) | 91103 | Rückstände aus der mechanischen Aufbereitung | Bage Plastics GmbH |

⁷⁴ Reststofftechnik GmbH

⁷⁵ Walter Kunststoffe GmbH, Ecoplast Kunststoffrecycling GmbH

| Kunststoffabfälle/kunststoffhaltige Abfälle | SN | Abfallbezeichnung | Recyclinganlage |
|--|-------|--|---|
| Von Anlagen zum Recycling von Kunststoffen aus dem Fahrzeugbereich übernommene Abfallarten | | | |
| Altreifen (Anteil Gummi ca. 60 %) | 57502 | Altreifen und Altreifenschnitzel 57502 | KIAS Recycling GmbH |
| Abfälle aus der Runderneuerung von Reifen | 57507 | Gummigranulat | |
| | 57506 | Gummimehl und Gummistaub | |
| Sortenreine Rückstände von Autoherstellern, -zulieferern | 57129 | sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle | RDG Plast GmbH |
| Von der Anlage zum Recycling von Kunststoffen aus dem Gebäudeabbruch/Baubereich übernommene Abfallarten | | | |
| Altfenster(rahmen) | 57116 | PVC-Abfälle und Schäume auf PVC-Basis | Reststofftechnik GmbH |
| Altrohre | 57128 | Polyolefinabfälle | |
| Andere in geringem Umfang übernommene Kunststoffabfälle | 57108 | Polystyrol, Polystyrolschaum | |
| | 57117 | Kunstglas-, Polyacrylat- und PolyCarbonatabfälle | |
| Von Anlagen zum Recycling von PET-Abfällen übernommene Abfallarten | | | |
| Vorsortierte PET-Getränkeflaschen (überwiegend Flaschen, aber auch PET-Folienabfälle und PET-Preformen-Ausschüsse | 57130 | Polyethylenterephthalat | Pet to Pet Recycling Österreich GmbH, PET Recycling Team, Kruschitz GmbH (Werk 1) |
| Von Anlagen zum Recycling von anderen Verpackungskunststoffen und anderen Kunststoffabfällen übernommene Abfallarten* | | | |
| PE-Folien Fraktion 310, bunt, Agrarfolien | 57119 | Kunststofffolien | Walter Kunststoffe GmbH |

* die Anlagen Kruschitz (Werk 2) und Ecoplast haben die Informationen zum Input nicht nach Abfallarten zur Verfügung gestellt

Mit Ausnahme von zwei Anlagen (KIAS GmbH und RDG Plast GmbH), in denen lediglich der erste Prozessschritt des werkstofflichen Kunststoffrecyclings stattfindet, nämlich die Herstellung eines qualitätsgesicherten Mahlguts, stellen alle der untersuchten Anlagen Regranulate oder Kunststoffhalbzeuge mittels Extrusionsprozessen her. Als Sekundärrohstoff wird dabei entweder nur das Mahlgut aus der eigenen mechanischen Aufbereitung von Kunststoffabfällen oder auch zugekauft Mahlgut aus Abfällen eingesetzt. Für vier Anlagen ist bekannt, dass derartige zugekauft Mahlgut eingesetzt wird (Bage Plastics GmbH, Kruschitz GmbH (Werk I), PET Recycling Team, EcoPlast GmbH). In den Extrusionsprozessen werden dem Mahlgut zusätzlich insbesondere Farbmasterbatches, anor-

**zusätzliche
Einsatzstoffe in die
Extrusion**

ganische Füllstoffe wie CaCO₃ oder Talk, Schlagzähmodifikatoren, Hitzestabilisatoren, Antistatika, Trockenadditive und Granulatverbesserer zugesetzt. Bei den ausgewählten Anlagen beträgt der Anteil an zugekauften Mahlgütern und Additiven bei der Extrusion zwischen 2 % und 30 % bezogen auf die Regranulatproduktion.

5.2.2 Antransport (Gebinde, Transportmittel)

Die Anlieferung der Kunststoffabfälle bei den Kunststoffrecyclinganlagen erfolgt sowohl lose in Containern, in Bigbags, in Ballen, Gitterboxen oder ähnlichem, zumeist per LKW.

5.2.3 Qualitätssicherung der übernommenen Kunststoffabfälle und kunststoffhaltigen Abfälle

Anlagen die PET-Abfälle rezyklieren

Von zwei der drei Anlagen (PET to PET Recycling Österreich GmbH, Kruschitz GmbH, Werk 1) ist bekannt, dass die geforderte **Reinheit** der übernommenen **PET-Flaschen** bei **98 %** liegt (ARA Spezifikation). Das heißt es dürfen max. 2 % Flaschen anderer Farbe, beziehungsweise anderer Kunststoffart, Nicht-Getränkflaschen, Folien oder Dosen in den Ballen enthalten sein.

Die Eingangskontrolle umfasst üblicherweise eine **optische Begutachtung der angelieferten Ballen**. Weiters erfolgen **Sortieranalysen** der Ballen. Bei PET Recycling Team erfolgen Sortieranalysen in regelmäßigem Turnus stichprobenartig. Bei Abweichungen von den geforderten Spezifikationen wird ein zweiter Ballen und eventuell ein dritter Ballen einer Sortieranalyse unterzogen. Bei Mängeln ergehen Reklamationen mit Fotodokumentation an die Lieferanten und es werden Preisnachlässe aufgrund des Mehraufwandes für die Nachsortierung und die geringeren Gehalte an verwertbarem PET gefordert. Bei Kruschitz GmbH (Werk1) werden Sortieranalysen von Ballen bei Auffälligkeiten in der optischen Begutachtung oder bei Anlieferungen von neuen Lieferanten aus dem Ausland durchgeführt.

Nach Betreiberangaben ist der Störstoffanteil des Flaschenmaterials je nach Herkunftsland unterschiedlich. Anlieferungen aus österreichischen Sortieranlagen für Leichtverpackungen halten den geforderten Reinheitsgrad von 98 % üblicherweise ein. Bei Zukäufen aus dem Ausland ist dies nicht immer der Fall. Ballenanalysen aus Italien ergaben zum Beispiel auch Reinheitsgrade von nur 91 bis 93 %.

Die Verunreinigungen und Störstoffe werden nach der Ballenauflösung manuell auf ein einsatztaugliches Maß reduziert.

Bei zugekauften PET Flakes, wie sie von Kruschitz GmbH (Werk1) und PET Recycling Team GmbH eingesetzt werden, erfolgen Sortieranalysen zur Bestimmung des Störstoffanteils (z. B. PVC, Polystyrol, Polyolefine, Zellstoff oder Metalle). Magnetseparation wird zur Ermittlung des Metallgehalts eingesetzt. Weiters werden Röstproben gemacht. Verfärbungen der Flakes ermöglichen Rückschlüsse auf vorhandene Fremdpolymere beziehungsweise auf die zu erwartenden Produktverunreinigungen.

Bei Kruschitz GmbH (Werk 1) wird bei zugekauften Flakes von jedem Bigbag eine Materialstichprobe genommen beziehungsweise wird bei Anlieferung mit LKW eine Mischprobe aus 22 Stichproben analysiert⁷⁶.

Die Einhaltung der mit dem Lieferanten von sortierten Leichtverpackungen **vereinbarten Spezifikationen** (bei österreichischen Lieferanten sind dies die Spezifikationen der **Sammel- und Verwertungssysteme**) werden üblicherweise mittels **optischer Kontrolle** der aufgelösten Ballen und **Sortieranalysen** überprüft. Zusätzlich wird die Farbe der Kunststoffe bestimmt sowie **Materialanalysen** mittels FTIR oder Differential Scanning Calorimetry (DSC) durchgeführt und die **mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Materials** bestimmt. Auch Spritzmuster werden fallweise hergestellt.

Bei Nichteinhaltung der vereinbarten Qualität wird reklamiert oder das Material nicht angenommen.

Im Rahmen der Qualitätssicherung oder Eingangskontrolle von **Kunststofffraktionen aus der Aufbereitung von Kleingeräten** werden zunächst anhand von Mustern, die vollständig hinsichtlich ihrer Zusammensetzung analysiert werden, entsprechende Spezifikationen für die Lieferanten festgelegt. Dies ist auch die Basis für die Preisbestimmung. Bei beiden Anlagen wird jede Anlieferung auf ihre Zusammensetzung analysiert. Es erfolgt jedenfalls eine Grobanalyse mittels händischer Sortierung einer repräsentativen Mustermenge und Bestimmung der Anteile für Kunststoffe, Gummi, Holz, Glas, Flusen, Kabel, etc. Die enthaltenen Kunststoffarten werden üblicherweise mittels Dichtebestimmung (Dichtespiegel) ermittelt. Bei Bedarf erfolgt eine Feinanalyse mittels NIR (Nahinfrarot-Spektroskopie) oder – in seltenen Fällen, bei hohen Schwarzanteilen des Materials – mittels Reflexionsspektroskopie (ATR-Infrarotspektroskopie). Die geeignete **Korngröße** (maximal 150 mm) ist das einzige Annahmekriterium von MGG Polymers GmbH.

Die Qualitätssicherung bei den **Fraktionen aus der Kühlgeräteaufbereitung** besteht im Wesentlichen aus einer **visuellen** Eingangskontrolle. Material, das von österreichischen Kühlgerätebehandlern stammt, darf **Restanhaftungen von Isolierschaum** an Kunststoffen von maximal 0,5 Gewichtsprozent enthalten (Abfallbehandlungspflichtenverordnung, § 11 (3)).

Die von KIAS Recycling GmbH übernommenen **Altreifen** (LKW-, PKW-, Motorrad- und Traktor-Altreifen) werden sortenrein angeliefert. Die Qualitätssicherung besteht aus einer **Sichtkontrolle** in Hinblick auf Sortenreinheit und potenzielle Störstoffe.

Die von RDG Plast GmbH übernommenen **Produktionsabfälle aus der Auto(zuliefer)industrie** werden grundsätzlich sortenrein und unter Bekanntgabe der genauen technischen Spezifikation angeliefert. Die Qualitätssicherung besteht zu 90 % aus **Sichtkontrolle** in Hinblick auf Sortenreinheit und potenzielle Störstoffe. Bei Bedarf werden die angelieferten Kunststoffe mittels NIR-Analyse oder – im Fall von schwarzen Kunststoffen – mittels Kofler Platte identifiziert.

Die Qualitätssicherung oder Eingangskontrolle bei den von Reststofftechnik GmbH übernommenen Kunststoffabfällen besteht aus einer Sichtkontrolle im Hinblick auf Sortenreinheit und potenzieller Störstoffe. Die übernommenen Altfenster und -rohre sollten bereits von den Zulieferern vorsortiert angeliefert werden, wobei **Annahmekriterien für PVC-Altfenster und Altrohre**, inklusive Beispielfotos

**andere
Verpackungsabfälle**

**Kunststofffraktionen
aus EAG**

**Abfälle aus dem
Fahrzeugbereich**

**Abfälle aus dem
Baubereich**

⁷⁶ 22 Bigbags je LKW

von geeigneten Abfällen, vorab zur Verfügung gestellt werden. Bei **Altrohren** sind Rohre aus PVC, PP und PE erlaubt, die möglichst unverschmutzt und geordnet antransportiert werden sollen. Bei **PVC-Altfenstern** darf ein maximaler Anteil an Rollläden von 20 % enthalten sein. Glas muss bereits entfernt sein. Beschläge und Dichtungen dürfen enthalten sein. Eine leichte Verschmutzung durch Baustellenschmutz oder verbliebene Reste an Putz und Montageschaum wird toleriert. Allerdings sind Anhaftungen von Beton, großen Metallteilen, Holz und Holzkonstruktionen, verbrannte oder angebrannte PVC-Fensterteile, Kunststofffenster aus anderen Kunststoffen und PVC-Altfenster mit Holzkern auszuschließen.

5.3 Output aus Kunststoffrecyclinganlagen

Der Output von Kunststoffrecyclinganlagen kann unterschieden werden in:

1) Output aus der mechanischen Aufbereitung und automatischen Sortierung von Kunststoffabfällen und kunststoffreichen Abfällen:

- Qualitätsgesichertes Mahlgut oder Flakes, die ohne weitere Verarbeitung direkt in einen Extrusionsprozess eingebracht werden können
- Weitere Fraktionen, zum Beispiel metallangereicherte Fraktionen zum werkstofflichen Recycling
- Restfraktionen, welche zumeist einer thermischen Verwertung zugeführt werden

2) Output aus dem eigentlichen Recyclingprozess (bei den ausgewählten Recyclinganlagen immer ein Extrusionsprozess):

- Regenerate, Halbzeuge, Kunststoffartikel
- Restfraktion (nicht in den Prozess rückgeführte Filtrationsrückstände)

Diese Unterscheidung ist insbesondere für die Ermittlung der Menge von recycelten Kunststoffabfällen wichtig. Die recycelte Menge entspricht gemäß Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004⁷⁷ der Menge an Abfällen an einem sogenannten „Berechnungspunkt“. Dieser „Berechnungspunkt“ ist für Kunststoff wie folgt definiert:

- „Nach Polymeren getrennte Kunststoffe, die vor dem Einbringen in einen Pelletier-, Extrusions- oder Formvorgang keiner weiteren Verarbeitung unterzogen werden“
- „Kunststoffflakes, die vor ihrer Verwendung in einem Enderzeugnis keiner weiteren Verarbeitung unterzogen werden.“

⁷⁷ Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004 zur Festlegung der Vorschriften für die Berechnung, die Prüfung und die Übermittlung von Daten über Abfälle gemäß der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Aufhebung des Durchführungsbeschlusses C(2012) 2384 der Kommission

5.3.1 Art, Menge und Verbleib der Ziel-, Neben- und Restfraktionen

Im Folgenden werden Art, Menge und Verbleib der Outputs der ausgewählten Kunststoffrecyclinganlagen beschrieben.

Die beiden Recyclinganlagen für Kunststoffe aus Elektro- und Elektronikaltgeräten erzeugten im Jahr 2018 in Summe 31.490 t qualitätsgesichertes Mahlgut. Die Ausbeute des erzeugten Mahlguts in Bezug auf den Abfallinput liegt bei 40,4 beziehungsweise 63 %. Das erzeugte Mahlgut wurde zur Gänze durch die Anlagen selbst zu Regranulaten verarbeitet (38.204 t im Jahr 2018). Abbildung 6 illustriert die Anteile einzelner Polymertypen in den erzeugten Granulaten.

Zielfraktionen EAG

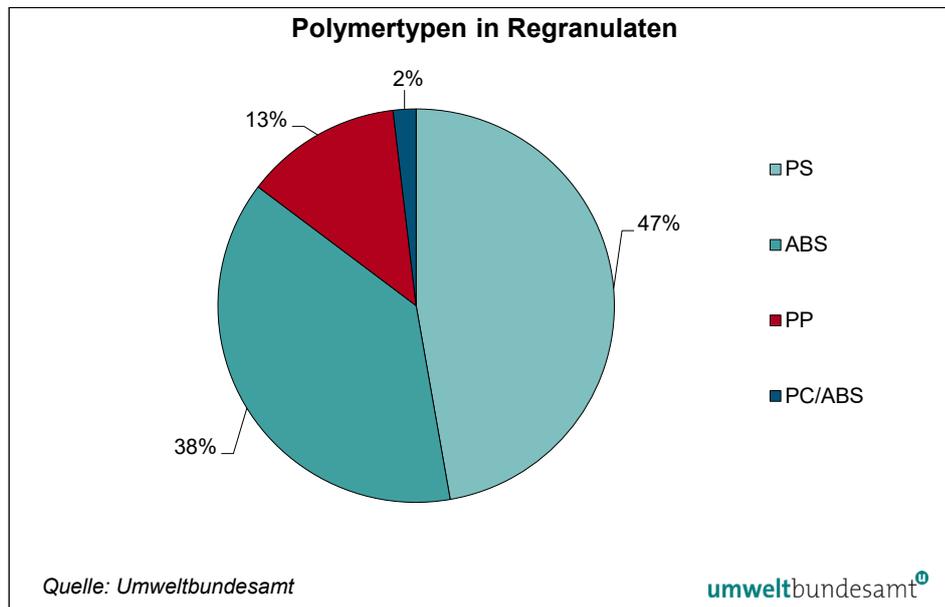


Abbildung 6: Anteile einzelner Polymertypen in Regranulaten, die von den beiden Recyclinganlagen für Kunststoffe aus EAG im Jahr 2018 erzeugt wurden (Quelle: Betreiberangaben)

Die Recyclingprozesse beider Anlagen beziehungsweise die hergestellten Regranulate sind derzeit nach den Kriterien von EucertPlast zertifiziert. Der Rezyklatanteil in den hergestellten Regranulaten liegt zwischen 80 und 98,5 %.

Qualität

Die Reinheit der von Bage Plastics GmbH erzeugten Regranulate liegen jedenfalls bei > 92%. Der Gesamtbromgehalt liegt bei Regranulaten aus Kühlgerätekunststoffen bei einigen 10 mg/kg, bei den Regranulaten aus anderen Elektro- und Elektronikaltgeräten bei einigen 100 mg/kg.

Neben Standardgranulaten werden immer auch Regranulate nach Kundenspezifikationen hergestellt.

Die Regranulate von MGG Polymers werden zumeist an Direktverarbeiter im In- und Ausland verkauft. 90 % der Produktionsmenge aus 2018 wurden an europäische Abnehmer geliefert. Regranulate von Bage Plastics GmbH wurden im Jahr 2018 noch zu circa 95 % überwiegend an Direktverarbeiter in Europa, vor allem in Deutschland und den Niederlanden, abgegeben. Etwa 5 % der Gesamtproduktion des Jahres 2018 gingen an asiatische Abnehmer. Für 2019 dürfte der Anteil der Produktion, welcher an asiatische Abnehmer verkauft wurde, deutlich größer

Verbleib

ausgefallen sein. In diesen Fällen ist meist nichts über die Anwendungen, in denen die Regranulate eingesetzt werden, bekannt. Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Haupteinsatzbereiche der hergestellten Regranulate.

Tabelle 11:
Haupteinsatzbereiche der Regranulate, die von den beiden Recyclinganlagen für Kunststoffe aus EAG erzeugt wurden
(Quelle: Betreiberangaben)

| Regranulate | Bage Plastics GmbH | MGG Polymers GmbH |
|-------------|---|---|
| PS | v. a. Gartenbau (z. B. Pflanzentrays) und Büroartikel | überwiegend für Herstellung von Elektrogeräten sowie für Anwendungen im Fahrzeugbereich |
| ABS | v. a. Baubereich, Automobilbereich) | |
| PP | v. a. Baubereich | |
| PC/ABS | k. A. | |

Neben- und Restfraktionen EAG

Bei der mechanischen Aufbereitung und Sortierung von Kunststoffen aus Elektro- und Elektronikaltgeräten fallen in beiden Anlagen metallangereicherte Fraktionen an, die entweder einer weiteren Aufbereitung oder direkt der stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Als Restfraktionen fallen Kunststoffmischfraktionen und Stäube aus der mechanischen Aufbereitung, Schlämme und Filterkuchen aus der Prozesswasseraufbereitung sowie nicht in den Prozess rückgeführte Filterrückstände aus der Extrusion an. Diese Restfraktionen werden einer Verbrennung zugeführt. Kondensat, welches bei der Extrusion anfällt, wird an CP-Anlagen zur Behandlung übergeben.

Tabelle 12 gibt einen Überblick über In- und Outputs der beiden Hauptprozessschritte (mechanische Aufbereitung und Extrusion) der beiden Recyclinganlagen für Kunststoffe aus EAG.

Tabelle 12:
In- und Outputs der mechanischen Aufbereitung bzw. der Extrusion bei den beiden Recyclinganlagen für Kunststoffe aus EAG für das Jahr 2018 (Quelle: Betreiberangaben)

| | Bage Plastics GmbH | MGG Polymers GmbH |
|--|--------------------------------|--|
| Mechanische Aufbereitung | | |
| Abfallinput (in t) | 19.526 t | 47.475 t |
| Erzeugtes qualitätsgesichertes Mahlgut (in t bzw. % von Abfallinput) | 12.330 t 63 % | 19.160 ^a t 40,4 ^a % |
| Erzeugte Nebenfraktionen ^b (in % von Abfallinput) | 3 % | 2,4 % |
| Extrusion | | |
| Input an Additiven und zugekauftem Mahlgut aus Kunststoffabfällen (in t bzw. in % des erzeugten Regranulats) | 5.077 ^c t 29,2 % | 696 t 3,3% |
| Erzeugtes Regranulat (in t) | 17.407 t | 20.797 t |

Angaben für Abfallinput in die mechanische Aufbereitung und erzeugtes Mahlgut bei RDG beziehen sich auf 2018, Anteile für Neben- und Restfraktionen sind teilweise Durchschnittswerte über die Jahre

a... berechnet als Differenz von Abfallinput und der Menge an Rest- und Nebenfraktionen

b...metallangereicherte Fraktionen

c...davon 3.687 t zugekauftes Mahlgut aus Abfällen aus EAG, 1.390 t Additive

Die beiden Recyclinganlagen für Kunststoffe aus dem Fahrzeugbereich erzeugten im Jahr 2018 in Summe etwa 12.000 t Mahlgut, wobei die überwiegende Menge (ca. 10.000 t) auf Gummigranulat aus Altreifen entfällt. Die Ausbeute des erzeugten Mahlguts in Bezug auf den Abfallinput liegt bei 42 beziehungsweise 81 %.

**Zielfractionen
Fahrzeugbereich**

Die Aufbereitung von „Gummi“ aus Altreifen resultiert in Granulaten verschiedener Körnungen (bis 6 mm) und Gummimehl verschiedener Körnungen (< 0.03 mm). Die erzeugten Gummigranulate weisen maximal 2 % Metall- und andere Störstoffe auf. Stofflich handelt es sich dabei um ein Gemisch aus Natur- und Synthesekautschuk plus anorganische Füllstoffe (Ruß, Kieselsäure, Kreide), Weichmacher (Öle und Harze), Vulkanisationsmittel (Schwefel, Zinkoxid, etc.) und weitere Additive, die die Alterung des Materials verlangsamen sollen⁷⁸. Der Anteil an Natur- und Synthesekautschuk wird auf maximal 50 % der gewonnenen Granulate oder Mehle geschätzt. Bis 2009 inverkehrgebrachte Reifen konnten noch unbeschränkt PAK in den eingesetzten Weichmacherölen enthalten. In den produzierten Granulaten werden derzeit PAK-Gehalte von 6–8 mg/kg ermittelt.

Qualität

Die Recyclinganlage für Kunststoffe aus sortenreinen Abfällen der Automobilindustrie stellt derzeit etwa 150 unterschiedliche Mahlgüter diverser Polymertypen (z. B. ABS, ASA, verschiedene Typen Polyamid, PBT, PBT-PC, PC, PC-ABS, HDPE, PET, PMMA, PO, POM, PP unverstärkt, PP verstärkt, PPS, PS, PVC) oder von Blends (z. B. PS/ABS, ABS-ASA, TPE-TPU) her. Die erzeugten Mahlgüter haben überwiegend eine Korngröße von 6–12 mm. Sie eignen sich teilweise zum direkten Einsatz im Spritzguss.

Das Gummigranulat aus Altreifen wird überwiegend im Sportplatzbau, zum Beispiel in Kunstrasen, Laufbahnen (41 %) und im Agrarbereich, zum Beispiel für Gummimatten für die Tierhaltung (40 %), eingesetzt und untergeordnet auch als Zumischung zu Asphalt (11 %). Rund ein Drittel der erzeugten Granulatmenge wird an österreichische Abnehmer abgegeben. Der Rest geht in andere europäische Länder (DE, CH, CZ, HR). Optional – wenn es nicht genügend Nachfrage für Granulat zur stofflichen Verwertung gibt – wird das erzeugte Granulat als Ersatzbrennstoff in Zementwerken eingesetzt.

Verbleib

Üblicherweise werden die Mahlgüter aus sortenreinen Produktionsabfällen der Automobil(zuliefer)industrie an Compoudeure abgegeben, zu 70–80 % an Abnehmer im EU-Ausland, zu 20–30 % an Abnehmer in Österreich. Über die Zusammensetzung der durch die Compoudeure hergestellten Regranulate und über die Anwendungen, in denen das erzeugte Mahlgut letzten Endes eingesetzt wird, ist nichts bekannt.

Bei der mechanischen Aufbereitung und Sortierung von Kunststoffen aus Altreifen sowie von sortenreinen Abfällen der Automobil(zuliefer)industrie fallen jeweils eine stahl- beziehungsweise metallangereicherte Fraktion an, die entweder einer weiteren Aufbereitung oder direkt der stofflichen Verwertung zugeführt wird. Bei der Aufbereitung von Altreifen fällt weiters eine Textilfraktion an.

**Neben- und
Restfraktionen
Fahrzeugbereich**

Die bei beiden Recyclinganlagen anfallenden Restfraktionen (Kunststoffmischfraktionen, Textilfasern aus Reifen und Stäube) aus der mechanischen Aufbereitung werden einer Verbrennung zugeführt.

⁷⁸ <https://www.continental-reifen.de/autoreifen/reifenwissen/reifen-grundlagen/reifenmischung>

Tabelle 13 gibt einen Überblick über Ziel-, Neben- und Restfraktionen der beiden Recyclinganlagen für Kunststoffe aus dem Fahrzeugbereich.

Tabelle 13:
In- und Outputs der
beiden Recycling-
anlagen für Kunststoffe
aus dem Fahrzeug-
bereich für das Jahr
2018 (Quelle:
Betreiberangaben)

| | KIAS Recycling GmbH | RDG Plast GmbH |
|---|---------------------|----------------------|
| Mechanische Aufbereitung | | |
| Abfallinput (in t) | k.A. ^a | 2.464 t ^b |
| Erzeugtes Mahlgut (in t bzw. % von Abfallinput) | ca. 10.000 t | 2.000 t 81 % |
| Angefallene Restfraktionen (in % von Abfallinput) | k.A. ^c | ca. 11 % |
| Erzeugte Nebenfraktionen^d (in % von Abfallinput) | k.A. ^e | ca. 5 % |

Angaben für Abfallinput in die mechanische Aufbereitung und erzeugtes Mahlgut bei RDG beziehen sich auf 2018, Anteile für Neben- und Restfraktionen sind teilweise Durchschnittswerte über die Jahre

a...Altreifen

b...inklusive 400 t Nebenprodukte aus der kunststoffverarbeitenden Industrie

c...Reststoffe aus der mechanischen Aufbereitung, Textilanteile und Gummigranulat, welche nicht werkstofflich, sondern thermisch in Zementwerken verwertet werden

d...metallangereicherte Fraktionen

e...Stahl

Zielfraktionen Baubereich

Die Recyclinganlage für Kunststoffe aus dem Baubereich erzeugte im Jahr 2018 unter anderem 1.124 t PVC-Regranulat aus Altfenstern und -rohren sowie 956 t PE- und PP-Mahlgüter aus Altrohren und in geringem Umfang auch aus Getränkekisten.

Qualität

Der Recyclingprozess für die Herstellung von PVC-Regranulaten ist derzeit nach den Kriterien von EucertPlast beziehungsweise Recovynil zertifiziert.

PVC-Regranulat, welches aus Fensterprofilabschnitten hergestellt wurde, hat eine weiße Farbe, jenes aus Altfenstern ist meist hellbunt, jenes aus Rohren dunkel.

Verbleib

Das PVC-Regranulat aus Altfenstern wird überwiegend (rund 80 %) wieder für die Herstellung von Fensterprofilen eingesetzt, und zwar vor allem für die Herstellung der Innenelemente, wo Farbabweichungen nicht stören. Die restlichen etwa 20 % PVC-Regranulat finden Verwendung in der Herstellung von Baunebenprodukten, wie zum Beispiel Bauanschlussprofilen, Schienen zum Abhängen von Deckenplatten oder Kabelputzummantelungen. Das dunklere PVC-Regranulat aus Altrohren wird ausschließlich für die Herstellung von Baunebenprodukten eingesetzt.

PE- und PP-Mahlgut aus Rohren und Kisten wird vor allem zur Herstellung von Baunebenprodukten (z. B. Abstandhalter) und Fahrzeugbauteilen (z. B. Armaturen) eingesetzt.

Neben- und Restfraktionen Baubereich

Glas und Metallfraktionen, die bei der Aufbereitung der Altfenster anfallen, werden der stofflichen Verwertung zugeführt. Die Inertfraktion aus der elektrostatischen Abscheidung im Zuge der Anreicherung einer PVC-Fraktion aus Altfenstern (enthält ca. 40–50 % PVC) wird zur Rückgewinnung des PVC ins europäische Ausland weitergegeben. Der dabei anfallende Gummi wird verbrannt.

Aussortierte (unbrauchbare) Altrohre werden thermisch verwertet. Der PE- und PP-haltige Staub aus der Aufbereitung von Altrohren sowie Gummi aus der Aufbereitung von Altfenstern wird verbrannt. Das verbrauchte Trennmedium aus dem Schwimm-Sink-Trennung sowie das Kondensat, welches bei der Extrusion von PVC anfällt, wird in einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage entsorgt.

Die drei Recyclinganlagen für PET-Abfälle erzeugten im Jahr 2018 in Summe etwa 45.000 t⁷⁹ gewaschene PET-Flakes. Für zwei Anlagen sind Angaben zur Ausbeute der erzeugten PET-Flakes bezogen auf den Abfallinput für 2018 bekannt. Dieser liegt bei etwa 75 %. Es ist dabei allerdings zu berücksichtigen, dass die übernommenen Abfälle Wassergehalte von bis zu 10 % aufweisen können. In den österreichischen Anlagen werden sowohl Flakes, die den Kriterien für Lebensmittelanwendungen entsprechen, als auch solche, die diesen Kriterien nicht entsprechen, erzeugt. Die erzeugten Flakes werden sowohl direkt am Standort zu Regranulaten oder Folien verarbeitet als auch weiterverkauft. Im Jahr 2018 verließen in Summe 48.041 t PET-Regranulat und Flakes und 5.065 t Folien die drei Anlagen.

Die Recyclingprozesse aller drei Anlagen beziehungsweise der hergestellten PET-Regranulate sind derzeit nach den Kriterien von EuCertPlast zertifiziert. Klare, blaue und grüne PET-Flakes oder Regranulate werden in der Getränkeflaschenproduktion wiedereingesetzt, bunte in anderen Anwendungsbereichen.

Die für Lebensmittelanwendungen geeigneten PET-Flakes und PET-Regranulate der drei Recyclinganlagen werden großteils von Getränkeflaschenherstellern beziehungsweise von Preformherstellern im In- und Ausland abgenommen. Abnehmer der zur ALPLA Gruppe gehörenden Anlage PET Recycling Team GmbH sind vor allem die Produktionswerke der Gruppe selbst. Die von Kruschitz GmbH hergestellten PET-Regranulate werden derzeit zu 80 % an Preformhersteller im Inland abgegeben. Die restlichen 20 % werden an europäische Abnehmer (z. B. Polen, Türkei, Italien) sowie an Abnehmer in China abgegeben.

Die nicht für Lebensmittelanwendungen geeigneten PET-Flakes kommen bei der Herstellung von Textilfasern und Folien zum Einsatz.

Die ausschließlich von Kruschitz GmbH erzeugten PET-Folien für Tiefzieh Anwendungen werden sowohl an Hersteller von Lebensmittelverpackungen (transparente Eierverpackungen, Champignontassen) abgegeben, als auch an Hersteller von Nicht-Lebensmittelanwendungen, wie zum Beispiel Pflanzgefäßen und -trays. Im Jahr 2018 wurden etwa 30 % der Folien an Abnehmer in Österreich abgegeben.

Bei der mechanischen Aufbereitung und Sortierung von PET-Altflaschen fällt immer eine Fraktion von Verschlusskappen aus Polyolefinen (PE und PP) von etwa 5 bis 8 % des Inputs an, die an andere Kunststoffrecyclinganlagen weitergegeben wird. Rezyklate aus dieser Verschlusskappenfraktion können unter anderem in der Produktion von Rohren, Abfallbehältern eingesetzt werden. PET Recycling Team GmbH plant dieses Material zukünftig am Standort Wöllersdorf selbst zu

Zielfraktionen PET-Verpackungen

Qualität

Verbleib

Neben- und Restfraktionen PET-Verpackungen

⁷⁹ Die Ausbeute der dritten Anlage wurde analog der Ausbeuten der anderen beiden Anlagen mit 75% geschätzt.

einem Rezyklat aufzubereiten, welches für Personal-Care-Flaschen (z. B. Kosmetika, Pflegeartikel) eingesetzt werden kann. Die bei Kruschitz GmbH Werk 1 abgetrennten Kappen werden in der Anlage Kruschitz Werk 2 recycelt.

Eine Anlage erzielt im Rahmen der Sortierung eine Metallfraktion in der Menge von etwa 1 % des Abfallinputs.

Die im Rahmen der mechanischen Aufbereitung anfallenden Rejekte (Papier, Folien etc.) mit einem Wassergehalt von bis zu 40 % werden in der Zementindustrie thermisch verwertet.

Tabelle 14 gibt einen Überblick über Ziel-, Neben- und Restfraktionen der drei Recyclinganlagen für PET.

Tabelle 14:
In- und Outputs der mechanischen Aufbereitung bzw. der Extrusion bei den drei Recyclinganlagen für PET Abfälle für das Jahr 2018 (Quelle: Betreiberangaben)

| | PET to PET | PET Recycling Team | Kruschitz Werk I |
|---|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Mechanische Aufbereitung | | | |
| Abfallinput (in t) | 24.080 t | 22.359 t | 15.182 t |
| Erzeugtes Mahlgut^a (in t bzw. in % vom Abfallinput) | 18.060 t 75 % | 17.000 t 76 % | k.A. |
| Anfallende Restfraktionen (in % vom Abfallinput) | ca. 20 % ^e | ca. 19 % ^e | ca. 16 % ^b |
| Anfallende Nebenfraktionen^c (in % vom Abfallinput) | 5–6 % | 5 % | 8–12 % ^d |
| Extrusion | | | |
| Input an zugekauftem Mahlgut aus Kunststoffabfällen und Masterbatches (in t bzw. in % des erzeugten Regranulats) | k.A. | 3.500 t ^e ~ 18 % | 5.159 t ^f ~ 34 % |
| Erzeugtes Regranulat und Folien (in t) | 18.060 t | ca. 20.000 t | 15.065 t |

Angaben für Abfallinput und erzeugtes Mahlgut in die mechanische Aufbereitung beziehen sich auf 2018, Anteile für Neben- und Restfraktionen sind teilweise Durchschnittswerte über die Jahre

a... lebensmitteltauglich und nicht lebensmitteltauglich

b... Aussortiertes Material und Rejekte aus der Aufbereitung (Papier, Folien etc.), Wassergehalt bis 40 %

c... PE/PP Verschlusskappen bunt für die stoffliche Verwertung

d... davon 1 % Metallfraktionen, 2–3 % „PET-Miniflakes“, welche in der Faserindustrie Einsatz finden, 5–8% Verschlusskappen werden an Kruschitz Werk 2 zur weiteren Aufbereitung geliefert.

e...Zukäufe von Flakes von anderen Recyclinganlagen

f...davon 5.144 t Zukäufe von Flakes von anderen Recyclinganlagen, 15 t Masterbatches

Zielfraktionen andere Kunststoffverpackungen und sonstige Kunststoffabfälle

Die drei Recyclinganlagen für Verpackungskunststoffe (Folien und Hohlkörper), die aber auch sonstige Kunststoffabfälle, zum Beispiel aus dem Möbelbereich einsetzen, erzeugten im Jahr 2018 in Summe mindestens 37.216 t Mahlgut⁸⁰ von guter Qualität, das ohne weitere Verarbeitung in einen Extrusionsprozess eingebracht werden kann. Für zwei Anlagen konnte die Ausbeute der erzeugten Mahlgüter mittels Differenzberechnung geschätzt werden (65 bzw. 74 % bezogen auf

⁸⁰ Die Angabe bezieht sich auf Walter Kunststoffe GmbH und Ecoplast GmbH, für Kruschitz GmbH Werk 2 konnten keine Angaben dazu erhoben werden.

den Abfallinput). Dies ist als Näherung zu betrachten, insbesondere aufgrund des unbekanntem Wassergehalts der Ein- und Ausgangsfractionen. Überwiegend werden aus den Mahlgütern in den Anlagen selbst PE-Regnanulate und untergeordnet auch Folien hergestellt. Nur ein geringer Teil der erzeugten Mahlgüter wird weiterverkauft. Im Jahr 2018 verließen in Summe 50.189 t Regnanulate und 1.245 t Folien die drei Anlagen.

Die Recyclingprozesse von zwei (Kruschitz GmbH und Ecoplast GmbH) der drei Anlagen bezüglich die hergestellten Regnanulate sind derzeit nach den Kriterien von EuCertPlast zertifiziert.

Die von Kruschitz GmbH Werk 2 hergestellten Regnanulate werden in der Möbelindustrie, der Automobilherstellung und der Herstellung von Baunebenprodukten, sowie von diversen Spritzgussherstellern (Eimer, Malergitter), Folienherstellern (Müllsäcke, Baufolien, gelbe Säcke) und Getränkekettenherstellern eingesetzt. Direkt abgegebene Mahlgüter werden vor allem für die Herstellung von Rohren eingesetzt.

Die von Ecoplast erzeugten Regnanulate werden überwiegend direkt an Hersteller von Kunststoffartikeln abgegeben. LDPE-Rezyklate werden an Folienhersteller aller Art abgegeben. HDPE-Regnanulate werden für die Herstellung von Flaschen, Kanistern, Getränkeketten und Rohren verwendet. Rund 95 % der Regnanulate gehen ins Ausland (90 % Europa, der Rest nach Asien und Afrika), rund 5 % gehen an Abnehmer im Inland.

Die von Walter Kunststoffe GmbH/Wels hergestellten Regnanulate werden für dickwandige Produkte oder für die Herstellung von Bitumen- und Flüsterasphalten eingesetzt.

Die im Rahmen der Sortierung anfallende Metallfraktion wird einer stofflichen Verwertung zugeführt.

Die im Rahmen der mechanischen Aufbereitung anfallenden Rejecte (Papier, Folien etc.) und Rückstände aus der Sortierung werden thermisch verwertet. Kondensat, das bei der Extrusion anfällt, wird in chemisch-physikalischen Anlagen behandelt.

Tabelle 15 gibt einen Überblick über Ziel- Neben- und Restfraktionen der drei Recyclinganlagen für weitere Verpackungskunststoffe.

| | Walter/Wels | Ecoplast | Kruschitz Werk II |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Mechanische Aufbereitung | | | |
| Abfallinput (in t) | 24.500 t | 29.598 t | 24.635 t |
| Erzeugtes Mahlgut (in t bzw. % von Abfallinput) | ca. 18.000 t ^a 74 % | 19.216 t ^a bis 65 % | k.A. |
| Erzeugte Nebenfraktionen (in % von Abfallinput) | 2% ^d | 2-3 % ^d | k.A. |
| Anfallende Restfraktionen (in % von Abfallinput) | 24 % ^b | bis 37 % ^h | k.A. |

Qualität

Verbleib

Neben- und Restfraktionen andere Kunststoffverpackungen und sonstige Kunststoffabfälle

*Tabelle 15:
In- und Outputs der mechanischen Aufbereitung bzw. der Extrusion bei den drei Recyclinganlagen für andere Verpackungskunststoffe für das Jahr 2018 (Quelle: Betreiberangaben)*

| | Walter/Wels | Ecoplast | Kruschitz Werk II |
|---|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Extrusion | | | |
| Input an zugekauftem Mahlgut aus Kunststoffabfällen und Masterbatches (in t bzw. in % des erzeugten Regranulats) | 700 ^c 3,9 % | 95 ^g 0,4 % | k.A. |
| Erzeugtes Regranulat und Halbzeuge (in t) | 18.000 ^e | 19.261 ^f | 14.218 ⁱ |

Angaben für Abfallinput und erzeugtes Mahlgut in die mechanische Aufbereitung beziehen sich auf 2018, Anteile für Neben- und Restfraktionen sind teilweise Durchschnittswerte über die Jahre

a... Differenzberechnung Umweltbundesamt

b... 4.000 t Rejecte, 2.000 t Sandfang

c... davon 300 t Additive und 400 t Masterbatches

d... Metallfraktion

e... grob-schmelzefiltrierte Granulat am Standort Wels, das teilweise direkt an Abnehmer abgegeben wird, tlw. am Standort Gunskirchen compounding und neuerlich granuliert wird.

f... überwiegend LDPE Regranulate, untergeordnet LD/HDPE und HDPE Granulate

g... Masterbatch

h... Leichtfraktion aus der Sortierung, Reject, Gewerbemüll, Klärschlamm

i... davon nach neueren Betreiberangaben: 12.972 t Regranulat, 1.245 t Folien

5.3.2 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung der Zielfractionen (Recyclingkunststoffe) aus Kunststoffrecyclinganlagen erfolgt einerseits an den erzeugten Mahlgütern oder Flakes (welche am eigenen Standort einem Extrusionsprozess zugeführt oder verkauft werden), andererseits an den daraus hergestellten Regranulaten, Folien oder Kunststoffartikeln selbst.

Kunststoffmahlgut aus Elektro- und Elektronikaltgeräten wird insbesondere auf seine Zusammensetzung nach Kunststoffarten beziehungsweise Reinheit (NIR) sowie auf Brom und Schwermetallgehalte (mittels XRF) analysiert.

Die aus dem Mahlgut erzeugten Regranulate werden im Detail analysiert. Neben der chemischen Analyse werden standardisierte Prüfstäbe angefertigt. Es werden Werksprüfzeugnisse (mit Informationen zu Feuchte, mechanische Eigenschaften, Eignung für bestimmte Anwendungen) erstellt.

Kunststoffmahlgut aus Gummi von Altreifen wird laufend im Prozess auf Störstofffreiheit (max. 1–2 % Verunreinigung insbesondere mit Stahldraht) und gewünschter Korngröße – je nach Anwendung – analysiert. Alle zwei Jahre erfolgt über eine akkreditierte Prüf- und Inspektionsstelle eine Eignungsbewertung für ausgewählte Granulate (z. B. Infill-Produkt „Gummigranulat Typ 1020“) hinsichtlich der technischen Eigenschaften (wie Körnung, Kornform, Schüttdichte, Restverformung, Alterungsverhalten, Farbechtheit und Beständigkeit gegenüber heißem Wasser und Wärme), der Umweltgefährdung und der gesundheitlichen Re-

levanz bei Kontakt mit dem Granulat. Für Sportplatzanwendungen ist beispielsweise in der ÖISS⁸¹-Richtlinie "Anforderungen an Kunstrasenbeläge Österreich" ein Richtwert für den PAK-Gehalt von 20 mg/kg im Granulat festgelegt.

Die Qualitätssicherung des **Mahlguts aus sortenreinen Abfällen aus der Fahrzeugherstellung** (Bauteile etc.) wird im Wesentlichen durch die Sicherstellung der Sortenreinheit des Inputmaterials gewährleistet. Das erzeugte Mahlgut wird stichprobenweise im Wesentlichen auf Anteil Feinteile, Farbe und Korngröße kontrolliert.

Bei Regranulaten, die für die **Folienproduktion** bestimmt sind, werden Test-Folien erzeugt.

Qualitative Anforderungen für die erzeugten Regranulate und Mahlgüter der betrachteten Anlagen ergeben sich aus:

- Rechtlichen Vorgaben
 - Anforderungen an Prozesse zur Herstellung von Recyclingkunststoffen für Lebensmittelkontaktmaterial (derzeit nur für PET Regranulate)
 - Anforderungen der REACH Verordnung (keine allgemeingültigen Anforderungen für Kunststoffzyklate)
 - Anforderungen zu Stoffbeschränkungen gemäß RoHS-Richtlinie⁸², Verpackungs- und Altfahrzeuge Richtlinien (für Anwendungen in Elektrogeräten, im Automobilsektor und in Verpackungen, im Wesentlichen Beschränkung einiger Schwermetalle und organischer Substanzen)
- Anforderungen aus Normen und nationalen Richtlinien
 - z. B. Anforderungen an Gummigranulate gemäß der ÖISS-Richtlinie "Anforderungen an Kunstrasenbeläge"
- Spezifikationen von Herstellerverbänden
 - Anforderung an Recyclingkunststoffe des Systems Rewindo⁸³
- Spezifikationen der einzelnen Abnehmer

5.3.3 Abtransport (Gebinde, Transportmittel) des Kunststoffrezyklates

Die in den ausgewählten Kunststoffrecyclinganlagen erzeugten Regranulate und Mahlgüter beziehungsweise Flakes werden zumeist in Bigbags oder per Silo-LKW abtransportiert.

⁸¹ Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau

⁸² Richtlinie 2011/65/EU zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten

⁸³ Recyclinginitiative der deutschen Kunststoffprofilhersteller, <https://rewindo.de/>

5.4 Aufbereitungs- und Recyclingprozesse der ausgewählten Kunststoffrecyclinganlagen

Das werkstoffliche Recycling von Kunststoffen gliedert sich in zwei Hauptprozesse:

- Die mechanische Aufbereitung und automatische Sortierung der Kunststoffabfälle oder kunststoffhaltigen Abfälle mit abschließender Qualitätssicherung des erzeugten Mahlguts, sodass dieses für den direkten Einsatz in einem Extrusionsprozess beziehungsweise als Eingangsmaterial in der Compoundierung geeignet ist.
- Der eigentliche Recyclingprozess: bei den ausgewählten Anlagen ist dies immer ein Extrusionsprozess, bei dem Regranulate oder z. B. Folien hergestellt werden.

In zwei der untersuchten Anlagen (KIAS Recycling GmbH, RDG Plast GmbH) findet lediglich der erste Prozessschritt statt. Bei den Anlagen, die PET-Regranulate für die Anwendung im Lebensmittelbereich erzeugen, kommt dazu noch ein Dekontaminationsprozess.

5.4.1 Mechanische Aufbereitung und Sortierung

Nachfolgend werden die in den untersuchten Kunststoffrecyclinganlagen eingesetzten Technologien dargestellt. Ein Überblick findet sich in Tabelle 16. Die Prozessabläufe im Detail finden sich im Anhang zu dieser Studie.

manuelle Behandlungs- schritte

Zusätzlich zur eigentlichen mechanischen Aufbereitung wird bei allen Anlagen – mit Ausnahme der beiden Recyclinganlagen für Kunststoffe aus Elektro- und Elektronikaltgeräten – eine **manuelle Sortierung** durchgeführt.

Aus angelieferten Altrohren bzw. Altfenstern werden folgende Fraktionen manuell aussortiert:

- geschäumtes PVC (würde sonst bei der Dichtentrennung in der PE/PP-Fraktion verbleiben, da leichter als Hart-PVC).
- Altrohre mit Metallanteilen (Beschädigungsgefahr der Anlage bzw. erhöhter Abtrennungsaufwand)
- Rohre aus talkgefülltem PP (würde sonst bei der Dichtentrennung in der PVC-Fraktion verbleiben).
- Heizungsschläuche aus PE-X⁸⁴
- Gummidichtungen

Bei den Recyclinganlagen für PET erfolgt eine manuelle Aussortierung von Nicht-Getränkeflaschen, wie zum Beispiel PET-Flaschen für Home- und Personal-Care Produkte, und Störstoffen, oder auch von Flaschen der falschen Farbe, entweder zu Beginn oder später im Aufbereitungs- und Sortierprozess.

Fallweise erfolgt auch eine **manuelle Zerlegung** der angelieferten Abfälle, wie zum Beispiel bei RDG Plast GmbH, wo etwa Schrauben oder Verbindungsteile aus Metall aus Bauteilen der Automobilindustrie entfernt werden.

⁸⁴ Vernetztes Polyethylen (PE-X)

Große Kunststoffteile können auch eine **semi-manuelle Vorzerkleinerung** etwa mittels Guillotineschere erfordern (z. B. Kruschitz GmbH Werk II).

Insbesondere Recyclinganlagen, welche vorsortierte Verpackungsabfälle übernehmen, setzen Ballenaufreißer und De-Labeler ein. Alle Anlagen setzen Zerkleinerungsaggregate wie Hammermühlen, Rotorscheren, Schneidmühlen oder Feinmühlen (nass und trocken betrieben) ein. Anlagen zum Recycling von Kunststoffen aus Elektro- und Elektroaltgeräten und aus Abfällen der Automobilindustrie setzen auch Querstromzerspaner zum Materialaufschluss ein. Damit werden einerseits Kunststoff-Metallverbunde aufgeschlossen, andererseits werden diese auch zur Abtrennung von Holzanteilen eingesetzt. Dabei kann das aufgerissene Holz im Anschluss magnetisch abgetrennt werden, weil es davor im Prozess mit einer Fe-haltigen Lösung getränkt wurde.

Zerkleinerung und Materialaufschluss

Mit Ausnahme der beiden Anlagen zum Recycling von Altreifen und von Abfällen aus der Automobilindustrie (nur trocken) wenden alle Anlagen nasse und trockene Dichtentrennverfahren an. Grundsätzlich werden diese sowohl zur Trennung von Nichtkunststoffen und Kunststoffen als auch zu Trennung von Kunststoffen unterschiedlicher Dichte eingesetzt.

Dichtentrennung

Nasse Dichtentrennverfahren werden insbesondere eingesetzt:

- In PET-Recyclinganlagen zur Trennung der PE oder PP Verschlusskappen von PET (Flaschen)
- In Recyclinganlagen für andere Verpackungskunststoffe (insbesondere Folien), zur Trennung der Polyolefine von Störstoffen (Sand, Metall, aber auch schwerere Kunststoffe wie PVC)
- In Recyclinganlagen für Kunststoffe aus EAG zur Auftrennung der Zielkunststoffe (ABS, PS, PP, PC/ABS) sowie zu ihrer Abtrennung von Leiterplatten, PVC, Gummi, gefülltem PP (Schwerfraktion in der Schwimm-Sinktrennung). Kunststoffe, die bromhaltige Flammschutzmittel relevanter Konzentration enthalten, finden sich ebenfalls in der Schwerfraktion, da diese eine höhere Dichte aufweisen als vergleichbare nicht bromierte Kunststoffe.
- In Recyclinganlagen für Altfenster und Altrohre zur Trennung von PVC und Polyolefinen, sowie zur Abtrennung von Störstoffen.

Windsichtung und Zyklone werden in Anlagen zum Recycling von Kunststoffen aus EAG und von Verpackungsabfällen eingesetzt.

Rütteltische und ballistische Separatoren werden jedenfalls in Anlagen zum Recycling von PET, von Kunststoffen aus EAG und aus dem Fahrzeugbereich eingesetzt.

Alle Anlagen setzen Metallabscheider ein. Es kommen Magnet- und Wirbelstromabscheider sowie Allmetallseparatoren zum Einsatz.

Metallabscheidung

Elektrostatische Separation wird zur Trennung der Zielpolymere in folgenden Anlagen eingesetzt:

elektrostatische Separation

- Recyclinganlagen für Kunststoffe aus EAG
Die beiden betrachteten Anlagen setzen elektrostatische Separation (neben anderen Technologien) zur Auftrennung von PP, ABS, PC/ABS und PS ein.
- Anlage zum Recycling von Altfenstern und Altrohren
Die zuvor mittels Dichtentrennung von einer Schwerfraktion abgetrennte Polyolefinfraktion aus Altrohren wird nach Benetzung mit Essigsäure mittels elektrostatischer Separation in PE und PP getrennt.

- optische Sortierung** Optische Sortierung wird in folgenden Anlagen eingesetzt:
- Anlagen zum Recycling von PET
Sowohl vor als auch nach der Zerkleinerung des Flaschenmaterials wird optische Sortierung mittels Farbzeilenkameras im Rahmen von mehrstufigen automatischen Sortierungen eingesetzt, um farbiges von klarem PET zu trennen.
 - Recyclinganlagen für Kunststoffe aus EAG
Optische Sortierung wird je nach Anforderungen für das zu erzeugende Rezyklat optional eingesetzt.
 - Recyclinganlage für Altfenster und Altrohre.
Mittels dreier Schwarz-Weiß-Sortierer wird PVC aus Altfenstern sortiert, sodass entweder rein weißes, hellgraues oder dunkelgraues Mahlgut entsteht.
- NIR-Sortierung** Anlagen zum Recycling von Kunststoffen aus EAG setzen (unter anderem) NIR-Sortierung zur Separation von ABS, PC, PS und PP ein.
- Alle Anlagen zum Recycling von PET setzen NIR-Sortierung zur Abtrennung von Fremdkunststoffen und Metallen ein.
- Eine der Recyclinganlagen für sonstige Verpackungskunststoffe⁸⁵ setzt ebenfalls NIR Sortierung zur Gewinnung eines PE Stroms ein.
- Laser-spektroskopische Sortierung** Laserspektroskopische Sortierung wird in folgenden Anlagen eingesetzt:
- Recyclinganlagen für Kunststoffe aus EAG
Laserspektroskopische Sortierung wird (neben anderen Technologien) zur Auftrennung von PP, ABS, PC/ABS und PS eingesetzt.
 - Recyclinganlagen für PET
PET to PET Recycling Österreich GmbH setzt Laserspektroskopie zur Prüfung der erzeugten PET-Flakes auf mögliche restliche Fremdkunststoffe ein.
- Waschverfahren** Im Prinzip setzen alle Anlagen, mit Ausnahme der beiden Anlagen für das Recycling von Kunststoffabfällen aus dem Fahrzeugbereich, nasse Verfahren ein, bei denen das Material auch gewaschen wird (Schwimm-Sink-Trennung, Hydrozyklone, Nassschneidmühlen).
- Ausschließlich in den Recyclinganlagen für PET werden auch **heiße Waschverfahren** eingesetzt. In allen drei Anlagen erfolgt nach der Störstoffabscheidung und der Zerkleinerung der Flaschen und vor der Abtrennung der Verschlusskappen ein teilweise mehrstufiger Waschprozess. Dabei werden Verunreinigungen und Etikettenleim abgewaschen. In der Anlage PET to PET Recycling Österreich GmbH werden die PET Flakes in einer sogenannten Karussell-Waschmaschine unter Zugabe von 1,6 bis 1,8 prozentiger Natronlauge bei 90°C und einer Verweildauer von 15 Minuten intensiv gewaschen. Eine Förderschnecke transportiert das Material zur Nachwäsche, wo das Material mit klarem Wasser gespült und nachgewaschen wird. In der Anlage von PET Recycling Team GmbH erfolgt ein mehrstufiger Waschprozess (Kalt- und Heißwäsche). In der Anlage von Kruchwitz GmbH (Werk 1) werden zwei Waschlينien betrieben, wobei nur die klaren, blauen und grünen Flakes heiß und unter Zusatz von Natronlauge gewaschen werden. Bunte Flakes werden mit kaltem Wasser ohne Chemikalienzusätze gewaschen.

⁸⁵ Ecoplast GmbH

In den Recyclinganlagen für andere Verpackungskunststoffe (Folien) wird das Mahlgut nur kalt gewaschen.

Die untersuchten Anlagen setzen zur Trocknung des Mahlguts beziehungsweise der Kunststoffflakes im Rahmen der mechanischen Aufbereitung und Sortierung entweder mechanische (Pressschnecken, Zentrifugen) und/oder thermische (z. T. unter Nutzung der Abwärme aus der Extrusion) Verfahren ein.

Trocknen

Für die Herstellung von PET Flakes und Granulaten, die für Lebensmittelanwendungen geeignet sind, ist des Weiteren eine Dekontamination von Aromastoffen erforderlich. Die eingesetzten Verfahren (siehe auch Kapitel 5.4.4) sind im Detail in Kapitel 6.10 beschrieben.

Dekontamination Aromastoffe

Tabelle 16: Überblick über bei der Aufbereitung der untersuchten Kunststoffrecyclinganlagen eingesetzte Technologien (Quelle: Betreiberangaben)

| Anlagen für... | PET-Abfälle | weitere vorsortierte Verpackungsabfälle* | Fractionen aus EAG | KS-Abfälle Automotive | KS-Abfälle Baubereich |
|---|--|--|--|--|--|
| Manuelle Sortierung | x | x | | x | x |
| | | | | auch Zerlegung | |
| Zerkleinerung und Aufschluss | x | x | x | x | x |
| | Ballenauflöser, Schneidmühlen (nass), De-Labeler | Ballenauflöser, Shredder, Schneidmühlen (nass), Guillotineschere | Shredder, Schneidmühlen, Querstromzerspaner | Shredder, Rotorschere, Schneidmühlen, Querstromzerspaner, Granulierpresse, Feinmühle | Shredder, Hammermühle, Schneidmühlen |
| Siebe div. | x | x | x | x | x |
| Trockene und nasse Dichtentrennung | x | x | x | x | x |
| | Schwimm-Sink-Trennung, Windsichtung, ballistische Separation | Schwimm-Sink-Trennung | Schwimm-Sink-Trennung, Windsichtung, Rütteltisch | Nur trocken (Windsichtung, Zyklon, Trenntische) | Schwimm-Sink-Trennung |
| Metallabscheidung | x | x | x | x | x |
| | Magnet, Wirbelstrom, Allmetallseparation | Magnet | Magnet, Wirbelstrom | Magnet, Allmetallseparation | Magnet, Wirbelstrom, Allmetallseparation |
| Optische Sortierung | x | | x | | x |
| NIR Sortierung | x | x | x | | |
| Lasersp. Sortierung | x | | x | | |
| Elektrostatische Separation | | | x | | x |
| Waschen | x | x | | | |
| | auch heiß | | | | |

| Anlagen für... | PET-Abfälle | weitere vorsortierte Verpackungsabfälle* | Fractionen aus EAG | KS-Abfälle Automotive | KS-Abfälle Baubereich |
|-----------------------|---|--|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Trocknen | X | x | x | | x |
| Dekontamination Aroma | x | | | | |
| | Vor/nach Extrusion; Lösen mit Natronlauge, Vakuum, Temp (200) | | | | |

5.4.2 Recyclingprozesse

Alle, bis auf zwei Anlagen, betreiben Extrusionsprozesse zur Herstellung der Regranulate oder Folien.

5.4.3 Abfallende von Kunststoffabfällen in Kunststoffrecyclinganlagen

Für zwei der 11 betrachteten Kunststoffrecyclinganlagen wurde erhoben, dass der Übergang von Abfall zu Produkt bescheidmäßig definiert ist. Im Fall der Anlage KIAS GmbH ist definiert, dass das erzeugte Mahlgut beziehungsweise Granulat mit der erforderlichen Qualität (diese ist definiert mit einer Störstofffreiheit von 98 %) und Körnung am Ende der Produktionslinie Produktstatus hat. Im Fall der Anlage Reststofftechnik GmbH ist festgelegt, dass erst das PVC-Regranulat (nach der Extrusion) Produktstatus hat, das PVC-Mahlgut aus der Aufbereitung von Fenstern und Rohren jedoch noch nicht. Mit Ausnahme der genannten Störstofffreiheit sind in keinem der beiden Fälle weitere spezifische Abfallendekriterien festgelegt.

Wenn auch für die meisten der ausgewählten Anlagen rechtlich nicht spezifisch festgelegt ist, wo genau im Prozess der Übergang vom Abfall zum Produkt verläuft, betrachten die Anlagenbetreiber üblicherweise das nach einer mechanischen Aufbereitung und Sortierung erzeugte Mahlgut beziehungsweise die gewaschenen PET-Flakes, die ohne weitere Verarbeitung in einen Extrusions- oder Formgebungsprozess eingebracht werden könnten, als „Produkt“ – unabhängig davon, ob diese am Standort in einen Extrusionsprozess eingebracht oder verkauft werden. Diese Sichtweise wird auch von Steuer- und Zollbehörden geteilt.

Kriterien, die bei den ausgewählten Anlagen definieren, dass Kunststoffmahlgüter von einer Qualität sind, dass sie direkt in einem Extrusions- oder Herstellungsprozess eingesetzt werden können, sind unter anderem:

- Prozess erfüllt die Anforderungen an Lebensmittelkontaktmaterial (derzeit nur für PET-Regranulate)
- RoHS-Konformität (für Rezyklat aus EAG Kunststoffen, vorgesehen für EEG-Anwendungen), konform mit Anforderungen der Verpackungsrichtlinie bzw. Altfahrzeu gerichtlinie (bedeutet im Wesentlichen die Einhaltung von Grenzwerten für Schwermetalle und einige organische Substanzen)

- Anforderungen an Gummigranulate gemäß der ÖISS⁸⁶-Richtlinie "Anforderungen an Kunstrasenbeläge"
- Anforderung an Recyclingkunststoffe des System Rewindo⁸⁷
- REACH-Konformität (allerdings nicht näher definiert)
- Spezifikationen der jeweiligen Abnehmer
- Nachweislich gleichbleibende Qualität, z. B. Körnung, Farbe, Reinheit, mechanische Eigenschaften etc.

5.4.4 Qualitätssicherungsprozesse

Die Recyclingprozesse der meisten der ausgewählten Kunststoffrecyclinganlagen sind zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie nach den Kriterien von EuCertPlast⁸⁸ zertifiziert. Ausnahmen sind die beiden Anlagen, die nur eine Aufbereitung zu Mahlgütern durchführen, und Walter Kunststoffe GmbH. Zusätzlich zu den für diese Studie ausgewählten Anlagen verfügt in Österreich noch eine weitere Anlage über eine EuCertPlast-Zertifizierung (Sky Plastic Recycling & Commerce GmbH).

Das EuCertPlast Zertifizierungsschema wurde im Rahmen des durch die EU geförderten Eco Innovation Programmes im Jahr 2012 unter der Leitung des europäischen Dachverbands „European Plastics Recyclers“ entwickelt. Das Zertifizierungsschema baut auf der europäischen Norm EN 15343:2007 *Plastics Recycling traceability and assessment of conformity* auf. Der Fokus dieser Zertifizierung liegt auf der Nachvollziehbarkeit der Materialströme im Recyclingprozess und der Ermittlung des Rezyklatanteils in den hergestellten Recyclingkunststoffen. Weiters soll damit die Anwendung von Best Practice in Recyclingprozessen für Post-Consumer-Kunststoffe, REACH-Konformität und die Erfüllung der Anforderungen an Lebensmittelkontaktmaterial nachgewiesen werden sowie Anforderungen aus bestehenden Qualitätsmanagementsystemen zusammengeführt werden.

Die Recyclingprozesse der drei Anlagen, die PET-Flakes und Regranulate für Lebensmittelanwendungen erzeugen, sind auf Basis der Vorgaben der Verordnung EC 282/2008⁸⁹ bei der EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) und teilweise auch bei der amerikanischen FDA (U. S. Food and Drug Administration) registriert beziehungsweise von dieser anerkannt.

- PET to PET Recycling Österreich GmbH: *URRC-Verfahren, das SSP-Verfahren und die Starlingergranulierung* (EFSA Registrierungsnummer „RECYC053“)
- PET Recycling Team GmbH: *Starlinger iV+ Technology* (EFSA Registrierungsnummer „RECYC011“)
- Kruschitz GmbH: (EFSA Registrierungsnummer „RECYC013“)

**EuCertPlast
Zertifizierung**

**Recycling-
kunststoffe für
Lebensmittelkontakt
material**

⁸⁶ Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau

⁸⁷ Recyclinginitiative der deutschen Kunststoffprofilhersteller, <https://rewindo.de/>

⁸⁸ European Certification of Plastics Recyclers, <https://www.eucertplast.eu/>

⁸⁹ Verordnung (EG) Nr. 282/2008 über Materialien und Gegenstände aus recyceltem Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen, und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2023/2006

Durch die Einhaltung der in den entsprechenden Prozessbeschreibungen beschriebenen Prozessparameter ist gewährleistet, dass die erzeugten Rezyklate die Anforderungen an Lebensmittelkontaktmaterial erfüllen⁹⁰. Details der genannten Prozesse sind in Kapitel 6.10 angeführt.

Umwelt- und Qualitätsmanagement

Einige der Recyclinganlagen haben darüber hinaus ein Qualitäts- und Umweltmanagementsystem nach ISO 9001/14001 implementiert.

5.4.5 Energieverbrauch

Entsprechend der unterschiedlichen Umfänge des werkstofflichen Recyclings (nur Mahlgutproduktion oder auch Regranulatproduktion), der Unterschiede in den Inputmaterialien (ausschließlich Übernahme von Abfällen, Art der Abfälle, Einsatz von zugekauften Mahlgütern in der Extrusion etc.) ist der Gesamtenergieverbrauch der ausgewählten Anlagen schwer auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen. Tabelle 17 soll daher Größenordnungen des Energiebedarfs bezogen auf die eingesetzten Abfälle beziehungsweise die jeweils tatsächlich erzeugten Rezyklate veranschaulichen. Es ist ersichtlich, dass die zusätzlichen Dekontaminationsstufen in der Produktion von PET für Lebensmittelkontaktanwendungen zum höchsten Energieverbrauch führen. Als Energieträger kommen sowohl Strom, Erdgas als auch Diesel zum Einsatz.

*Tabelle 17:
Energieverbrauch der
ausgewählten
Kunststoffrecycling-
prozesse (Quelle:
Betreiberangaben)*

| Recyclinganlagen für | Energiebedarf je t Input (kWh/t) | Energiebedarf je t Output (Mahlgut oder Regranulat) (kWh/t) |
|--|----------------------------------|---|
| Kunststoffe aus Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) | 300* | 700* |
| Kunststoffe aus dem Fahrzeugbereich (nur mechanische Aufbereitung) | 116–169 | 143–412 |
| Weitere Verpackungskunststoffe und andere Verpackungsabfälle | 417–812** | 724–1.083** |
| PET-Abfälle | 640–700** | 950–1.440** |
| Kunststoffe aus dem Baubereich | 612 | k. A. für Output |

*... Angaben von einer der beiden untersuchten Anlagen.

**... Angaben von zwei der drei untersuchten Anlagen

⁹⁰ Rechtliche Anforderungen an Lebensmittelkontaktmaterialien sind in Österreich im Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG) geregelt bzw. gelten darüber hinaus die unmittelbar anwendbaren EU-Verordnungen, die in der Anlage zum LMSVG gelistet sind.

5.4.6 Emissionen in Luft und Wasser und Emissionsminderungsmaßnahmen

Abluftströme werden in der Regel punktuell bei Aggregaten abgesaugt, es gibt aber auch Hallenabsaugungen mit anschließender Entstaubung.

Um Emissionen bei der Extrusion der freigesetzten niedermolekularen, gasförmigen Verbindungen in die Produktionshalle zu vermeiden, sind die Extruder jeweils mit einer Vakuum-Entgasungsvorrichtung ausgestattet. Das abgesaugte Gasmisch wird einer Kondensation zugeführt. Das anfallende Kondensat wird in CP Anlagen behandelt. Für einzelne Anlagen wurde erhoben, dass Emissionsgrenzwerte für Formaldehyd, Benzol, Styrol, Methylmetacrylat festgelegt sind.

Mit Ausnahme der beiden Kunststoffrecyclinganlagen für Kunststoffe aus dem Fahrzeugbereich, fallen in allen Kunststoffrecyclinganlagen Prozesswässer (Waschprozesse, Abwässer aus der Dichtentrennung) an. Zur Aufbereitung der Prozesswässer werden mechanische Reinigungsstufen (Pressen, Absetzbecken, Absiebung oder Filtration), chemisch-physikalische Reinigungsstufen (Fällung), biologische Reinigung, Ultrafiltration und Umkehrosmose eingesetzt.

6 DERZEIT AM MARKT VERFÜGBARE SORTIER- UND RECYCLINGTECHNOLOGIEN FÜR KUNSTSTOFFABFÄLLE

6.1 Materialaufgabe und -lagerung

Die Aufgabe der Kunststoffabfälle in den Sortier- oder Recyclinganlagen erfolgt in der Regel mit Radlader, (Kran-)Greifern, Hubstaplern oder ähnlichen Geräten.

Zur Lagerung der Materialströme kommen Flachbunker sowie Tiefbunker unterschiedlicher Größe teils in Kombination mit Containersystemen zum Einsatz. Materialien geringer Größe werden in Silos oder Bigbags (zwischen-)gelagert.

6.2 Materialvereinzelung

Bei Sortieranlagen erfolgen die Anlieferungen aus der Leichtverpackungssammlung in der Regel in gelben Säcken oder gelben Tonnen. Bereits vorsortierte Waren (z. B. PET-Hohlkörper) werden in der Regel in gepressten Ballen angeliefert.

Die Auflösung der Ballen oder Wertstoffsäcke erfolgt nach der Aufgabe durch Ballenauflöser, Sackaufreißer oder Sacköffner. Dabei werden deren Inhalte aufgerissen, aufgelockert, entleert und gleichmäßig dosiert den nachgeschalteten Aufbereitungsprozessen zugeführt. Die Wertstoffe sollen dabei im Zuge der Vereinzelung weder zerkleinert noch zermahlen werden, um eine nachfolgend möglichst effiziente Sortierung zu ermöglichen.

In späteren Prozessschritten erfolgt je nach Bedarf eine weitere Materialverteilung und -vereinzelung des zu behandelnden Wertstoffstromes zum Beispiel durch Vibrationsförderer, Schwingförderrinnen und Beschleunigungsbänder, letztere vor allem vor sensorgesteuerten Sortiersystemen. Vibrationsförderer sind Schwingförderer, die als Schüttgut vorliegende Kleinteile durch periodische Mikrowurfbewegungen fördern.

6.3 Fördersysteme

Der Transport von Aufgabegut, Zwischenprodukten, Endprodukten und Abfallströmen innerhalb der Anlagen, also von Aggregat zu Aggregat, erfolgt in der Regel durch Förderbänder in den verschiedensten Ausführungsarten.

Überwiegend kommen Gurtbandförderer mit Gummigurten zur Anwendung, wobei die Fördergurte entweder glatt, profiliert oder mit Stollen besetzt sind. Das Band wird mittels Reibschluss über eine oder mehrere Antriebstrommeln fortbewegt.

Zur Beschickung von Ballenpressen kommen oft Kettengurtförderer zum Einsatz. Im Unterschied zu den Gurtbandförderern wird das Band über Kettenräder angetrieben. Die Kraftübertragung der Forttriebskette auf die Gurte erfolgt über verschraubte Quertraversen.

Für Materialien geringer Dichte (z. B. Folien, Styropor) bis hin zu Granulaten werden Luftransportrohre (pneumatisch gesteuert) unterschiedlicher Technologien eingesetzt.

Transportschnecken kommen für den Transport von Kunststoffmahlgut innerhalb der verschiedenen Zerkleinerungs- und Waschprozesse zur Anwendung, aber auch für Halbfertigprodukte (Kunststoffflakes) und Produkte (Granulate) zur Beschickung von Puffer- und Lagersilos.

6.4 Kompaktierung/Verpressung

6.4.1 Perforator/Flaschenquetsche

Der Perforator hat die Aufgabe, Kunststoffflaschen anzuschlitzen und abzuflachen, damit sie auf den folgenden, schnell laufenden Bändern vor den sensorgestützten Sortiersystemen ruhig liegen bleiben. Enthaltene Restflüssigkeiten rinnen über ein Sieb ab und gelangen daher nicht in die Automatikstation.

Zusätzlich kommt der Perforator auch vor der Ballenpresse zum Einsatz, um deren Leistung zu erhöhen.

Die Flaschen werden entweder mittels einer Transportwalze mit Mitnehmer über eine Messerleiste gezogen, aufgeschnitten und durch einen sich verjüngenden Spalt zwischen einer Anpressklappe und der Trommel gezogen und dadurch zusammengequetscht, oder über zwei gegenläufig zueinander drehende Stachelwalzen gezogen.

6.4.2 Abfall- und Ballenpressen

Abfall- und Ballenpressen sind in einer Vielzahl von verschiedenen Designs erhältlich. Die Hauptfunktion ist das Material zu komprimieren, um das Volumen zu minimieren und um das Handling zu vereinfachen. Zur Komprimierung von Kunststoffflaschenmaterial bei Sortieranlagen kommen meist hydraulisch angetriebene Horizontal-Ballenpresse mit einem Pressdruck bis zu 60 Tonnen zum Einsatz. Daneben gibt es aber auch vertikale Ballenpressen, bei denen der Pressstempel vertikal läuft, sowie Kompaktoren, in denen das Material in einen angekoppelten Behälter verdichtet wird.

6.5 Zerkleinerung

6.5.1 Grobzerkleinerung

6.5.1.1 Rotorscheren (Schneidwalzenzerkleinerer)

Bei den Rotorscheren handelt es sich um Langsamläufer, die sowohl in der Variante als Einwellenzerkleinerer als auch als Zweiwellenzerkleinerer zur Anwendung kommen.

Beim Einwellenzerkleinerer besteht das Schneidewerk aus Schneidescheiben, die auf einer langsam drehenden Welle angeordnet sind. Die Gegenmesser sind dagegen fest am Gehäuse der Maschine befestigt.

Beim Zweiwellenzerkleinerer befinden sich in einem Gehäuse zwei gegenläufige, langsam drehende Wellen, die mit Schneidescheiben versehen sind. Dabei greift jeweils eine Scheibe zwischen zwei Scheiben des gegenüberliegenden Rotors ein.

Diese Aggregate stehen zur Vor- beziehungsweise Grobzerkleinerung meist am Anfang der Zerkleinerungskette.

6.5.1.2 Querstromzerspaner bzw. Rotorkettenzerkleinerer

Der Querstromzerspaner ist im Prinzip ein horizontal stehender Zylinder, dessen Achse mit flexibel montierten, drehenden Beschleunigungswerkzeugen, meist in Form zweier oder mehrerer Ketten, ausgestattet ist. Durch die starke Rotorumdrehung wird das zu zerkleinernde Material beschleunigt und hauptsächlich durch Prallwirkung untereinander beziehungsweise gegen die Zylinderwand aufgebrochen. Die Materialzufuhr erfolgt von oben, der Materialaustrag des zerkleinerten Materials erfolgt durch seitliche Klappen, welche größenverstellbar sind. Dadurch kann die Korngröße des Austrages gesteuert werden. Diese Maschinen kommen vor allem bei der Aufbereitung von Elektro- und Elektroaltgeräten zur Anwendung.

6.5.1.3 Guillotinescheren

Guillotinescheren kommen zur Vorzerkleinerung großer Blöcke (z. B. Anfahrklumpen), Faser- oder Kunststoffballen zum Einsatz und spalten das zu zerkleinernde Material. Die Zu- und Abführung der Produkte erfolgt mit Förderbändern. Ein Hydraulikstempel beziehungsweise beidseitig angeordnete Hydraulikstempel bewegen einen Messerträger in einer Rahmenkonstruktion gegen einen Amboss, an dem der Zerkleinerungsschnitt erfolgt.

6.5.1.4 Schneidwalzenzerkleinerer

Bei der Aufbereitung von Kunststoffabfällen sind sowohl einwellige als auch zweiwellige Maschinen im Einsatz. Die Walzen beziehungsweise Rotoren sind mit gezahnten Scheiben oder Messern besetzt. Im Falle der Einwellenzerkleinerer arbeitet der Rotor gegen einen feststehenden Block. Bei den zweiwelligen Maschinen drehen sich die beiden Walzen langsam gegeneinander.

6.5.2 Feinzerkleinerung/Nachzerkleinerung

6.5.2.1 Trockenschneidmühle- oder Nassschneidmühle

Die Schneidemühlen werden sowohl als Trockenschneidmühlen als auch als Nassschneidmühlen eingesetzt. Bei Letzteren erfolgt der Mahlvorgang unter Zugabe von Wasser, wodurch eine Vorreinigung des zerkleinerten Materials stattfindet. Diese werden auch als Waschmühlen bezeichnet.

Je nach Ausführung sind diese Maschinen für die Zerkleinerung von unterschiedlichsten Kunststoffabfällen geeignet. In der Feinmahlung von weichen bis mittelharten Kunststoffabfällen und Kunststoffgranulaten werden Feinschneidmühlen eingesetzt. Sie kommen aber auch bei der Zerkleinerung von Rohren, Profilen, Fasern und Folien zum Einsatz.

Die Zerkleinerung des Aufgabegutes erfolgt durch Schnitte zwischen schnelllaufenden Rotor- und feststehenden Stator-Messern. Die zu zerkleinernden Kunststoffe werden dann im Mahlraum solange umgewälzt, bis die gewünschte Teilchengröße erreicht ist und das Mahlgut durch den Siebeinsatz austritt.

Es sind auch Schredder-Schneidmühlenkombinationen auf dem Markt, die die Prozessschritte Vorzerkleinerung und Vermahlung in einer kompakten Maschine vereinen. Der Vorteil liegt in der Einsparung von Förderaggregaten und Schnittstellen.

6.5.2.2 Hammermühle

Hammermühlen werden auch als Schlagmühlen bezeichnet. Das Funktionsprinzip beruht auf der kinetischen Schlag- und Prallzerkleinerung.

In einem Gehäuse befindet sich ein walzenförmiger, von einem Motor angetriebener Rotor, an dem feststehende oder pendelnd aufgehängte Stahlhämmer befestigt sind.

Der Kunststoffabfall wird tangential von oben zugeführt und von den umlaufenden Hämmern an feststehenden Gehäuseleisten beziehungsweise durch direkten Schlag zerbrochen. Durch Aufprall werden Bruchstücke auf die Mahlwand geschleudert, womit das Mahlgut weiter gebrochen wird, bis es durch den Siebeinsatz hindurch rutscht. Die Siebeinsätze sind austauschbar, um verschiedene Fraktionsgrößen zu erhalten, eine gleichzeitige Trennung in mehrere „Korngrößen“ ist nicht möglich.

Einsatzgebiete der Hammermühlen im Kunststoffrecycling sind unter anderem die Vorzerkleinerung beziehungsweise die Materialtrennung von Kunststoff und Metallen bei der Altfensteraufbereitung oder das Aufmahlen von Altreifen.

6.5.3 Feinstzerkleinerung

Die Feinmahlung dient der Gewinnung der gewünschten Granulate. In vielen Fällen ist es notwendig, die Kunststoffreststoffe zu Pulver zu zerkleinern, um sie wieder allein oder im Verschnitt mit Neuware zu plastifizieren. Es gibt eine ganze Reihe von Verarbeitungsverfahren, die nicht von Granulat, sondern von Pulver ausgehen. Dazu zählen zum Beispiel Beschichten, Pressen, Kalandrieren⁹¹ und Doppelschnecken-Extrusion. Weiterhin lassen sich manche Abfälle, die noch Fremdstoffe enthalten, erst dann wieder störungsfrei verarbeiten, nachdem sie zu Pulver gemahlen sind. Die Fremdstoffe haben dann die Eigenschaft eines Füllstoffs.

⁹¹ Beim Kalandrieren werden (vor allem dicke) Folien aus Kunststoffen wie PVC oder PE, aus Gummi, Metallen und Papier hergestellt. Ein Kalander ist ein System mehrerer beheizter und polierter Walzen aus Schalenhartguss oder Stahl, durch deren Zwischenräume eine Schmelze, eine vorplastifizierte Formmasse aus einem Extruder oder andere Materialien hindurchgeführt werden (<https://glossar.item24.com/glossarindex/artikel/item/kalandrieren.html>).

In Anwendung sind Feinschneidmühlen, Universalmühlen, Prallmühlen, Walzenrotormühlen und Scheibenmühlen.

In Prallmühlen (auch Schlagrotormühlen genannt), wird das Mahlgut durch Ein- oder Mehrfachprallung zerkleinert, indem es von den sehr schnell drehenden Mahlwerkzeugen erfasst und zwischen den Mühlsteinen zerrieben wird.

Scheibenmühlen sind mit einer Stator- und einer rasch umlaufenden Rotorscheibe ausgestattet, im Falle der Zahnscheibenmühle mit einer Rotor-Zahnscheibe.

6.6 Waschverfahren

Durch Waschvorgänge sollen Oberflächenverunreinigungen, wie zum Beispiel Schmutz, Klebstoffe und Etiketten sowie Staub, entfernt werden. Die Wirksamkeit ist stark abhängig von der Anlagenkonfiguration. Die Notwendigkeit von Waschvorgängen ist abhängig vom Verschmutzungsgrad des Zufuhrmaterials beziehungsweise den Anforderungen an die Rezyklate.

Zur Anwendung kommen sowohl Waschprozesse mit kaltem als auch heißem Wasser, sowie mit Chemikalienzusatz und ohne.

6.6.1 (Vor-)Waschtrommel

Die (Vor-)Waschtrommel besteht aus einer zylindrischen Trennstufe mit Materialaustrag sowie einem Einlauftrichter für das zu verarbeitende Material und für Wasser. Die Trennstufe ist üblicherweise ein geneigter Siebtunnel, der sich langsam dreht. An der Innenseite sind Klappen angebracht, um das Material kontinuierlich umzudrehen, zu durchmischen und es in einer Vorwärtsbewegung zu führen.

Während sich das Material langsam durch die schräg geneigte Trommel bewegt, fallen kleine, unerwünschte Verunreinigungen durch das Sieb und werden gesammelt. Teile, die größer als die Sieblöcher sind, werden zum nächsten Teil des Recyclingprozesses weitergeleitet.

Waschtrommeln werden beim Kunststoffrecycling als Vortrennstufe eingesetzt. Der zuvor geschredderte Kunststoffabfall wird durch den Einsatz der Waschtrommel von schweren Störstoffen, wie zum Beispiel Steinen, Glasscherben, Reifenschnitzeln und Metallen, befreit.

6.6.2 Friktionswäscher/Friktionsabscheider

Bei den Friktionswäschern werden Zentrifugalkräfte zum Waschen und Spülen im Wasser ausgenutzt. Chemikalien kommen bei dieser Technologie nicht zum Einsatz.

Es gibt sehr unterschiedliche Konstruktionen, denen allen gemeinsam ist, dass die zu recycelnden Materialien den Wäschern über Dosierschnecken oder Schneckenwellen zugeführt werden. Unter Wasserzugabe und dem Einsatz von zum Beispiel rotierenden Paddeln und Siebvorrichtungen erfolgt eine intensive Reinigung von Verschmutzungen aller Art, von Etiketten über Reste von Inhaltsstoffen bis hin zu Sandkörnern.

Das Material wird gewaschen und gleichzeitig durch die Schneckenwelle zum oben liegenden Auslauf transportiert. Feingut und Wasser gelangen durch ein Sieb nach außen, wobei die Friktion, die am Paddelrotor entsteht, zur Reinigung des Materials benutzt wird. Die Ausschleusung des abgeschleuderten Schmutzwassers erfolgt über einen Bodenablauf.

Friktionswäscher werden meist beim Reinigen und Entwässern von Mahlgutfaktionen (Folienschnitzel, Granulate) eingesetzt.

6.6.3 Karussell-(Rundtakt)Waschmaschine

Die Karussell-Waschmaschinen bestehen aus einer rotierenden Plattform mit mehreren Kammern für die verschiedenen Reinigungs- und Abblaszyklen. Diese kommen bei der Aufbereitung von PET-Flaschen und PE-LD-Agrarfolie zum Einsatz.

6.7 Trocknung

Merkmal einer Trocknung ist der Entzug oder die Verringerung der Feuchtigkeit. Zudem findet auch eine Reinigung vor zum Beispiel Papier- und Staubteilchen statt. Eine gründliche Trocknung des Kunststoffmaterials vor der Verarbeitung in den Extrusionsmaschinen ist deshalb wichtig, da während der Extrusion das Material hohen Temperaturen und hoher mechanischer Beanspruchung ausgesetzt wird. Durch zu hohen Wassergehalt (z. B. durch die Waschvorgänge) kann es zu Kettenspaltungen durch Hydrolyse und somit zu negativem Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des Kunststoffes kommen.

6.7.1 Mechanische Trockner/Trockenreiniger

Bei einem mechanischen Trockner wird die Flüssigkeit durch physikalische Kräfte aus dem Materialstrom ausgetragen.

6.7.1.1 Trocknungszentrifuge

Im Prinzip erfolgt der Entzug des Wassers beim Transport des Materials, in dem das Material mit sehr hoher Geschwindigkeit, quer zum Materialfluss, durch Zentrifugalkräfte gegen den Rotor und die umgebenden Siebkörbe geschleudert wird. Gleichzeitig werden auch Störstoffe wie Sand, Erde, Papier oder Fasern durch Friktion vom Kunststoff abgetrennt.

Die mechanischen Trockner werden zur Oberflächentrocknung von Mahlgutfaktionen (Flakes, Granulate) eingesetzt.

6.7.1.2 Entwässerungsschnecken

Das zu entwässernde Material wird mit Hilfe einer Schnecke mit kegelförmigem Profil in eine Trockenkammer gepresst und komprimiert. Das Presswasser verlässt die Schnecke über Siebkörbe, das getrocknete Material wird am oberen Ende der Schnecke ausgetragen.

Einsatzbereich ist zum Beispiel das Abtrennen des Schmutzwassers vom in einer Nassschneidmühle gewaschenen und zerkleinerten Material.

6.7.2 Thermische Trockner

Im Gegensatz zum mechanischen Trockner erfolgt der Feuchtigkeitsentzug thermisch durch Verwendung von Heißluft.

Die benötigte Wärmeenergie kann mittels Gasbrenner, Dampferzeuger mit Wärmetauscher oder elektrischem Heizregister erzeugt werden. Es kann zu diesem Zweck auch die Abwärme aus anderen Prozessschritten, zum Beispiel aus dem Extrudieren, genutzt werden.

Thermische Trockner kommen im nachfolgenden Extrusionsprozess zum Einsatz.

6.7.3 Infrarot Drehrohr (IRD)

Mittels kurzwelliger Infrarotstrahlung wird die Wärme direkt in den Kern des Materials gebracht. Die in den Kern gebrachte Energie erwärmt das Material von innen und der Wärmefluss treibt die Feuchtigkeit von innen nach außen. Nach dem Austreten der Feuchtigkeit aus dem Material wird diese durch die Luftzirkulation in der Maschine direkt ausgetragen.

Als Strahlungsquellen werden Quarzglas-, Keramik-, Metallrohr- oder Metallfolienstrahler eingesetzt, die im Inneren des Drehrohrs montiert sind.

Infrarot-Drehrohrtrockner lassen sich zur Kristallisation und Trocknung von einer Reihe von Kunststoffen einsetzen. Durch die kontinuierliche Arbeitsweise entfällt die energieintensive Trockenluftaufbereitung komplett. Durch die ständige Bewegung wird ein Verkleben von kristallinen Kunststoffen wie PET vermieden.

6.7.4 Kristallisationstrockner

Kristallisationstrockner sind Trockenlufttrockner mit leicht abgewandeltem Aufbau und verändertem Verfahrensablauf.

Sie dienen der Überführung von amorphen Kunststoffen, wie PET, in teilkristallines PET-Material, um ein Verkleben des Mahlgutes auf Grund der hygroscopischen Eigenschaften des amorphen PET-Materials zu unterbinden. Generell sind die Trockner mit einem Rührwerk ausgestattet. Das amorphe PET-Material wird mit Heißluft beaufschlagt und bei 160–170 °C (teil)kristallisiert. Der Kristallisationstrockner kommt vor der Beschickung eines Extruders oder in einem weiteren Schritt vor der Übergabe an eine SSP-Einheit zum Einsatz (siehe auch Kapitel 6.10.2).

6.8 Sortierung

6.8.1 Siebklassierung

Darunter versteht man mechanische Trennprozesse, die eine Trennung auf der Grundlage der Korngröße (charakteristische Länge der Partikel) vornehmen. Partikel, die bei ihrer Passage über den Siebboden hinweg in einer passenden Lage kleiner als die Öffnungen sind, können diese passieren und ins Feingut gelangen (Siebunterlauf), während die anderen oberhalb des Siebbodens verbleiben und das Grobgut bilden (Sieboberlauf).

Wesentliches Ziel dabei ist es, aus einem Gemisch eine oder mehrere Fraktionen mit definierter Kornverteilung zu erhalten.

6.8.1.1 Stangensiebe

In den Siebdecken sind an Stelle von Maschengeweben Stangen gelagert. Die Stangen werden durch Unwuchtantriebe in Schwingungen versetzt wodurch eine Schwingung auf das Siebgut selbst übertragen wird. Einsatzbereiche sind die Grobsiebung und Vorabscheidung, vor allem für Siebgut, das auf normalen Maschengeweben auf Grund der Verstopfungsgefahr nicht siebfähig ist.

6.8.1.2 Trommelsiebe

Das Material wird in das Innere der Siebtrommel zugeführt. Durch kontinuierliche Rotation wird das Material hochgehoben, abgerollt und durch die in Achsrichtung leicht geneigte Trommel weiterbefördert.

Durch die Rotation vermischen sich die Inhaltsstoffe und leicht zusammenhaftende Materialien oder Störstoffe lösen sich voneinander. Trommelsiebe zeichnen sich durch die einfache Konstruktion sowie den erschütterungsfreien Lauf aus.

Es werden somit zwei Fraktionen separiert. Eine Fraktion, welche durch die Maschen der Siebtrommel hindurchfällt und eine weitere Fraktion, welche größer als die Maschenweite des Siebes ist.

Trommelsiebe werden auch für eine zweistufige Siebung eingesetzt. Im ersten Trommelabschnitt, der mit kleineren Sieböffnungen ausgestattet ist, wird das Feinmaterial abgeseibt. Im zweiten Abschnitt, der mit größeren Öffnungen versehen ist, erfolgt die Abtrennung der mittleren Fraktion⁹². Fein- und Mittelfraktion fallen als Siebdurchgang durch die jeweiligen Maschenweiten, die Grobfraktion fällt als Überlauf an.

6.8.1.3 Spanwellensiebe

Bei Spanwellensieben werden verformbare Siebböden aus Gummi oder Kunststoff eingesetzt, die sich durch Strecken oder Biegen sehr stark verformen. Die Siebböden sind über Quertraversen an einem Innen- und Außenrahmen befestigt. Diese Rahmen sind zueinander beweglich ausgeführt. Der Grundrahmen

⁹² https://cleaner-production.de/fileadmin/assets/pdfs/_15_DSD-Sortierhandbuch_01.pdf

wird über Exzenterantriebe in Unwucht angeregt und an den beweglichen Rahmen weitergegeben. Die sich dadurch in gleicher Frequenz zueinander bewegenden Rahmen stauchen und spannen die Siebböden und es kommt zu einer wellenartigen Bewegung der Siebfläche.

6.8.1.4 Schwingsiebe

Die Funktionsweise des Schwingsiebes beruht auf einem "Rüttelprinzip". Das Siebgitter ist auf zwei zueinander beweglichen Rahmen mittels Querträger aufgehängt. Durch Exzenterantriebe verschieben sich während des Siebvorganges die Rahmen gegeneinander. Somit werden die Kunststoffmatten zwischen den Querträgern alternierend straffgezogen oder muldenartig durchgebogen. Dadurch bewegt sich das Material über die Oberfläche des Siebes und das feine Material fällt hindurch. Durch die Neigung des Siebes wird das Material auf dem Siebbelag zum Austrag transportiert.

6.8.1.5 Sternsiebe

Das Innenleben der Sternsieb-Maschinen besteht je nach Auslegung aus einem oder zwei Siebdecks.

Sternsiebe werden auch als „bewegte Roste“ bezeichnet. Sie bestehen je nach Auslegung aus einem oder mehreren stufenförmig angeordneten Siebdecks, welche die Siebböden bilden und sich wie folgt zusammensetzen: Quer zur Förderrichtung sind rotierende Wellen angeordnet. Auf diesen Wellen sitzen Förder-scheiben, die auch Rostscheiben genannt werden⁹³.

Je nach Anwendungsfall sind diese unterschiedlich geformt. In den Sortieranlagen für Leichtverpackungen werden sternförmige Scheiben eingesetzt, deshalb auch die Bezeichnung „Sternsiebe“.

Der seitliche Abstand der Scheiben und der Abstand zwischen den Walzen bestimmt hierbei die Trennkorngröße.

Die zu siebenden Leichtverpackungen werden durch ein Förderband der obersten Ebene von Wellen zugeführt. Dadurch, dass sich die Wellen in Förderrichtung drehen, fällt das Siebgut entweder durch die darauf sitzenden Scheiben oder es wird zur nächsttieferen Ebene weiterbefördert. Durch die Drehbewegung der Scheiben wird kleines Material eingezogen und größeres Material zum Austrag transportiert.

6.8.1.6 Taumelsieb

Merkmal dieser Siebmaschine ist die Taumelschwingung, die sich aus einer Kombination von einer Kreisschwingung mit einer dazu senkrechten Hubkomponente ergibt. Diese Siebe finden meist Einsatz in der Produktsiebung.

⁹³ Einführung in die Abfallwirtschaft, Cord-Landwehr, Klaus, Kranert, Martin (Hrsg.), 2010

6.8.2 Dichtentrennverfahren

6.8.2.1 Rütteltisch oder Stoßherd, Trenntisch

Dieser Prozess, auch Setzprozess oder Herdsortierung genannt, findet auf einem schrägen Rütteltisch oder Stoßherd statt. Das Siebgut gelangt über den Einlauf in das Aggregat und trifft auf ein schräges Sieb. Mittels Exzenterantrieb wird das Sieb in rüttelnde Bewegungen versetzt. Durch einen von unten aufwärts gerichteten Wasser- oder Luftstrom werden die Materialschichten durchlockert beziehungsweise fluidisiert und die leichten Teile von den schweren separiert.

Die schwereren Partikel sinken ab und werden durch die in Richtung Steigung gerichtete Vibration zum höheren Austrag transportiert. Die oben schwimmenden beziehungsweise schwebenden leichteren Partikel werden dem Gefälle nach unten zur Leichtgutseite transportiert.

6.8.2.2 Windsichtung

Bei Windsichtern werden Partikel unterschiedlicher Dichte mittels eines Luftstroms anhand ihres Verhältnisses von Trägheits- und/oder Schwerkraft zum Strömungswiderstand abgetrennt. Beim Kunststoffrecycling werden sie verwendet um zum Beispiel Folien oder Kunststoffpartikel vom schwereren Material wie Metallen abzutrennen.

Um hochwertige Recyclingrohstoffe zu erhalten, setzt man Drei-Fractionen-Trenner ein, zum Beispiel bei der Erzeugung einer reinen PET-Fraktion. Diese Windsichter erzeugen drei Fraktionen mit unterschiedlichen Gewichten (Störstoffe/PET-Flaschen/Folie und Papier). Um die durch den Luftstrom abgetrennten Materialien wieder vom Luftstrom zu trennen, werden Zellradschleusen⁹⁴ verwendet.

Die Anordnung der Windsichtung im Kunststoffrecyclingprozess kann je nach Aufgabenstellung der Anlage sehr unterschiedlich sein. So zum Beispiel am Anfang der Prozesskette, etwa nach dem Shreddern, oder aber auch vor Wasch-Mahlprozessen oder vor der Regranulierung als Schutzfunktion für die Maschinen.

6.8.2.3 Zick-Zack-Sichter

Ein Zick-Zack-Sichter ist eine Kombination aus Quer- und Gegenstromsichter und besteht aus einem mehrkaskadigen Zickzack-Kanal. Die Materialtrennung erfolgt nach Größe und Gewicht durch Sichtluft von unten nach oben durch die Zickzack-Struktur des Aufstromkanals.

Die leichten Partikel werden durch den Luftstrom nach oben mitgerissen und über den Kopf des Sichters mit dem Luftstrom ausgetragen. Die schweren Partikel sinken gegen den Luftstrom nach unten und werden am unteren Ende des Sichters entnommen.

In jeder Zacke erfolgt die Trennung und Sichtung durch den Vergleich der unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten der Partikel.

Die Trennschärfe von solchen Sichtern ist von der Anzahl der Zacken als auch der Geometrie des Sichtkanals abhängig.

⁹⁴ Zellenradschleusen sind Geräte zur Dosierung, Einspeisung oder Austragung von feinkörnigen und staubförmigen Produkten oder Granulaten.

6.8.2.4 Schwimm-Sink Verfahren

Mittels Schwimm-Sink Verfahren werden Stoffe unterschiedlicher Dichte in einer Flüssigkeit bestimmter Dichte getrennt. Bei der Sortierung von Kunststoffabfällen wird das Verfahren zum Beispiel bei der Abtrennung von anhaftenden schweren Stoffen wie Metallen, Sand, Papier und Steinchen angewendet, oftmals direkt nach einem Shredder oder Sackaufreißer.

Weiteres Anwendungsgebiet ist die Sortierung zerkleinerter Kunststoffabfälle. Leichtere Kunststoffe (PE und PP) schwimmen oben auf, schwerere (PET, PVC, und PS) sinken ab. Bei Recyclinganlagen nach dem Bottle-to-Bottle Kreislauf wird dieses Verfahren zur Abtrennung des Verschlusskappenmaterials (PE und PP) vom PET-Material angewendet.

Weiters ist es so möglich, gefüllte beziehungsweise Kunststoffe mit Flammhemmern aufgrund ihrer höheren Dichte aus der (leichteren) Zielfraktion abzutrennen. Zur Einstellung der Dichte der Trennflüssigkeit werden Salze, wie zum Beispiel Natriumchlorid eingesetzt.

6.8.2.5 Hydrozyklonverfahren

Dabei handelt es sich um ein Sortierverfahren, mit dem verschiedene Kunststoffsorten aufgrund ihres spezifischen Gewichts in eine Schwer- und eine Leichtfraktion getrennt werden. Es handelt sich also hierbei um ein Dichtentrennverfahren. Zerkleinerte Kunststoffabfälle werden innerhalb eines wassergefüllten Zylinders einem Wasserwirbel zugeführt. Zentrifugalkräfte treiben die schweren Kunststoffe nach außen, wo diese an einer konischen Wand ablaufen.

Die leichteren Kunststoffe (meist Thermoplaste, wie zum Beispiel Polyethylen) treiben nach innen hin zur Mitte, wo sie durch ein Rohr ausgetragen werden⁹⁵.

6.8.2.6 Zentrifugensortierung

Die Zentrifugentechnik für Kunststoffe ist ein Trennverfahren ähnlich dem Schwimm-Sink- oder Hydrozyklonverfahren.

Im Unterschied zur statischen Trennung in einem Behälter durch Einwirkung einfacher Schwerkraft wie beim Schwimm-Sink Verfahren, lässt sich die Trennung durch das Einwirken von Zentrifugalkräften effizienter gestalten. Zudem fallen die Kunststofffraktionen erheblich trockener an und Oberflächeneffekte und Luftbläschen haben kaum einen Einfluss auf das Trennverhalten. Auch Staub kann somit von der Oberfläche der Kunststoffpartikel abgewaschen werden.

6.8.3 Ballistische Separatoren

Diese bestehen aus einer Zuführeinrichtung und einer beweglichen, geneigten Ebene. Die Ebene ist in parallel angeordnete, perforierte Rüttel Elemente unterteilt, die auch als Paddel bezeichnet werden. Das Material wird nach den Kriterien drei-/zweidimensional, rollend-kubisch-steif/flach-weich-schlank beziehungsweise Unterkorn/Überkorn aufgetrennt und durch die Rüttelbewegung und Neigung in verschiedene Richtungen gefördert.

⁹⁵ Prozessleittechnik für die Verfahrensindustrie, M. Felleisen, Oldenburg Industrie Verlag (2001)

Im Vergleich zu anderen Trennanlagen bietet der ballistische Separator den großen Vorteil einer Kombination von Sortierverfahren in Bezug auf Gewicht, Abmessung, Dichte und Form. So lässt sich der Materialstrom bei einer einstufigen Anlage in zwei Hauptfraktionen trennen, wie etwa eine „rollende Hauptfraktion“ (Dosen, schwere Kunststoffteile usw., auch 3D-Fraktion genannt) und eine „flache Leichtfraktion“ (Folien, faserige Produkte usw., 2D-Fraktion). Je nach Padelperforation ist eine dritte Siebfraktion nach Korngröße möglich⁹⁶.

Ballistische Separatoren werden beispielweise auch eingesetzt, um Restmetallanteile von zerkleinerten Kunststofffraktionen zum Beispiel aus EAG, aus Altfenstern und aus Produktionsabfällen der Autozulieferindustrie abzutrennen.

6.8.4 Sortieren im Magnetfeld/elektrischen Feld

6.8.4.1 Magnetabscheider

Die Abscheidung von Fe-Metallen, wie eiserne Umreifungsbänder oder Weißblechdosen, erfolgt bei der Sortierung von Kunststoffabfällen überwiegend durch Überbandmagneten. Die Montage kann quer oder längs über dem Förderband erfolgen. Ferromagnetische Anteile werden vom laufenden Band des Abscheiders erfasst und dadurch vom Materialstrom separiert.

Alternative Ausführungen sind Magnetbandrollen, welche als Antriebsrolle oder Endrolle in ein vorhandenes Fördersystem eingebaut sind, sowie Magnetbandtrommeln. Letztere benötigen weniger Platz als Überbandmagnete, wobei hier unterschieden wird zwischen Materialtransport über der Trommel oder unter der Trommel.

Magnetabscheider werden zum Beispiel auch bei der Herstellung von Kunststoffmahlgütern als einer der letzten Aufbereitungsschritte zur Sicherstellung von Metallfreiheit eingesetzt.

6.8.4.2 Wirbelstromverfahren (engl. Eddy Current Method)

Die Wirbelstromabscheider werden eingesetzt, um nicht magnetische aber elektrisch leitfähige Stoffe wie Aluminium, Kupfer oder Magnesium (NE-Metalle) aus einem Stoffstrom zu separieren.

Vereinfacht gesagt, erzeugt eine schnellumlaufende Magnetwalze oder -rotor ein schnell wechselndes Magnetfeld, welches eine Spannung induziert, die in elektrisch leitenden NE-Metallen einen Wirbelstrom erzeugt.

Dieser erzeugt wiederum ein Magnetfeld, welches dem erzeugenden Magnetfeld entgegenwirkt. Durch die abstoßenden Kräfte können die NE-Metalle aus dem Materialstrom abgetrennt werden.

Die so magnetisierten Metallteilchen werden durch die Rotationskräfte aus dem Sortierfluss am Förderbandabwurf hinausgeworfen. So entstehen zwei Fraktionen, eine Fraktion NE-Metalle (Aluminium, Kupfer) und eine verbleibende Fraktion nichtmetallisches Material (wie Kunststoff, Papier).

⁹⁶ <https://www.sutco.de/de-de/komponenten/ballistikseparator>

Mit Hilfe dieser Technik können beispielsweise mit Aluminium bedampfte Folien aus dem Strom der Verpackungen ausgetragen werden.

Andererseits können zum Beispiel Tetra Pak-Verpackungen bei diesem Verfahren Probleme bereiten, da durch den Metallanteil solche Verpackungen auch in die NE-Metall Fraktion mit eingeschleust werden. Um eine reine NE-Metall Fraktion zu erhalten, muss hier wieder nachsortiert werden.

6.8.4.3 Elektrostatische Separatoren (Korona-Scheider)

Elektrostatische Separatoren werden eingesetzt zur Trennung von:

- **Kunststoffen und Metallen**

Mittels Korona-Walzenscheidern werden Leiter von Nichtleitern getrennt. Das zu separierende Metallgemisch wird über einen Vibrationsförderer auf eine rotierende, geerdete Metallwalze aufgegeben und in den Bereich einer Korona-elektrode transportiert. Dort wird das Materialgemisch durch Hochspannung elektrostatisch aufgeladen. Leitfähige Materialien (Metalle) geben danach sehr schnell ihre Ladung an die Walze ab und werden durch die rotierende Bewegung abgeworfen. Die Nichtleiter dagegen verlieren ihre Ladung nur sehr langsam, bleiben an der Oberfläche der Metallwalze haften und werden schließlich abgebürstet. Das Materialgemisch wird somit in eine Leiter- und in eine Nichtleiter-Fraktion getrennt.

- **Kunststoffe und Inertmaterialien wie Glas oder Holz**

Holzanteile in gemischten Kunststoffen, zum Beispiel aus EAG, können ebenfalls mittels Korona-Walzenscheider abgetrennt werden. Hier wird das Faktum ausgenutzt, dass sich feuchtes Holz und trockene Kunststoffteilchen unterschiedlich aufladen.

- **Kunststoffgemische**

Mittels elektrostatischer Separatoren können auch Kunststoffgemische durch das unterschiedliche tribo-elektrische Verhalten (beschreibt die elektrische Aufladung zweier Materialien durch Kontakt miteinander) der einzelnen Kunststoffarten, das heißt die Kunststoffe laden sich bei Reibung unterschiedlich auf, getrennt werden. Bei einem Gemisch, zum Beispiel aus zwei Kunststoffen, lädt sich dabei der eine negativ, der andere positiv auf. Dies geschieht in einer so genannten Aufladeinheit. Danach werden die Teilchen in einem Hochspannungsfeld aufgrund ihrer unterschiedlichen Aufladung elektrostatisch getrennt. Positive Teilchen werden an eine negative Elektrode gezogen beziehungsweise umgekehrt⁹⁷.

6.8.5 Sensorgestützte, optische (opto-elektronische) Sortierverfahren

Die Sensortechnik hat auf Grund der sich schnell entwickelnden Rechenleistung von Computersystemen und der Neuerungen im Bereich der Sensortechnik breiten Einzug in modernen automatischen Sortieranlagen gefunden.

⁹⁷ https://www.hamos.com/produkte/elektrostatische-separatoren/kunststoff_kunststoff-separatoren_35_de_39

Merkmal der sensorgestützten Sortierung ist die Verwendung von spezifischen Identifikationsmethoden für die Materialien. Neben der Art der zu detektierenden Teile, können gleichzeitig auch die Lage, Größe und Form als Sortierkriterium herangezogen werden⁹⁸.

Ein weiteres Merkmal ist die präzise Klassifizierung und Ortsbestimmung der Teile und eine Verarbeitung der Messwerte über eine zentrale Rechnersteuerung, welche die Sortierentscheidung an die Trenneinheit weitergibt.

Die identifizierten Teile werden anschließend durch die Trenneinheit, in den meisten Fällen pneumatische Aktoren (z. B. Druckluftventile), in seltenen Fällen durch mechanische Vorrichtungen, nach den festgelegten Kriterien spezifisch aussortiert.

Ein Sensorsystem besteht grundsätzlich aus mindestens einem Emitter und einem Detektor. Der Emitter sendet elektromagnetische Strahlung aus. Diese wird vom untersuchenden Material teilweise absorbiert oder reflektiert, wodurch eine charakteristische Strahlung entsteht, welche vom Detektor aufgenommen und gemessen wird.

Für die sensorgestützten und optischen Sortierverfahren ist es wichtig, dass die zugeleiteten Materialien optimal vereinzelt werden (z. B. durch breite Verteilung am Förderband), damit eine effiziente Sortierung über die eingesetzte Technologie ermöglicht wird.

6.8.5.1 Datenverarbeitung

Grundsätzlich wird zwischen messpunktbasierter und objektbasierter Datenverarbeitung unterschieden. In beiden Fällen wird aus dem mehrdimensionalen Datenstrom die Information soweit reduziert, dass die Austragseinheit eindeutig angesteuert werden kann.

Bei der messpunktbasierter Datenverarbeitung wird jeder Messpunkt direkt klassifiziert und einer Operation zur Steuerung der Austragseinheit zugeordnet. An den entsprechenden Positionen wird dann zum richtigen Zeitpunkt ein Druckluftventil geöffnet und trägt die opaken (undurchsichtigen, lichtundurchlässigen) Teile aus dem Stoffstrom aus. Dieses Verfahren arbeitet sehr schnell, allerdings können Form, Länge, Breite oder Helligkeitsverteilung von einem einzelnen Teilchen nicht ermittelt werden, da die einzelnen Messpunkte nicht in Bezug zueinander gesetzt, sondern isoliert voneinander verarbeitet werden müssen.

Bei der objektbasierter Datenverarbeitung werden die Messpunkte für einen Abschnitt des Förderbandes laufend in einem Puffer zwischengespeichert. In diesem Puffer befinden sich dabei üblicherweise mehrere hundert Bildzeilen, in denen nach zusammenhängenden Punktmengen gesucht wird. Über die sogenannte Objekterkennung werden möglichst diejenigen Messpunkte zusammengefasst und in einen weiteren Puffer geschrieben, die zu einem Einzelstück auf dem Förderband gehören. Anschließend werden die Daten über Klassifikatoren zu einer Sortierentscheidung reduziert. Dabei können unter anderem auch Verhältnisse

⁹⁸ <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00506-008-0005-0.pdf> ; Stand der Technik und Entwicklung bei der berührungslosen Sortierung von Abfällen/State of the art and development in the field of non-contact waste sorting von T. Pretz und J. Julius.

von Materialklassen pro Objekt oder geometrische Daten wie Länge und Breite und, je nach Sensorart, auch das Volumen ermittelt werden⁹⁹.

6.8.5.2 Sensorfusion – Kombination mehrerer Sensoren

Für die Kunststofferkennung in vollautomatischen Sortieranlagen kommen meist kombinierte Sensorsysteme zum Einsatz, die mehrere Sortierkriterien zeitgleich erfassen und auswerten, um eine erfolgreiche Trennung zu ermöglichen.

So können verschiedene Sensortechniken in einem einzelnen Aggregat verbunden werden. Hierdurch ist es möglich, verschiedene Materialeigenschaften eines einzelnen Objekts gleichzeitig zu erkennen und auszuwerten. Diese Nutzung der Objektinformationen von unterschiedlichen Sensoren wird als Sensorfusion bezeichnet.

Die Verwendung einer Kombination von Farb- und NIR-Sensorik ermöglicht zum Beispiel die Sortierung von klaren PET-Flaschen aus einem Kunststoffgemisch. Das NIR-Signal dient der Identifizierung der PET-Flaschen, während die Farbinformation die Unterscheidung von klaren und farbigen Flaschen ermöglicht. Ohne Sensorfusion wäre eine solche Sortierung lediglich durch die Verwendung von mehreren Aggregaten möglich.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der genannten Sensor-Kombination könnte darin bestehen, Kabel aus Elektronikschrott auszusondern.

Im Zuge des Recyclings von Elektro- und Elektronikaltgeräten kann durch die Kombination mehrerer Sensoren neben der Sortierung von Leiterplatten und FE- sowie NE-Metallen die Sortierung von Metallkonzentrat und Kunststoffkonzentrat durchgeführt werden. Die Leiterplatten werden beispielsweise mit Kombinations-Sortiersystemen (KSS) aus dem Materialstrom sortiert. Metall- und Kunststoffkonzentrate werden wahlweise mit Induktions-Sortiersystemen (ISS) oder KSS sortiert¹⁰⁰.

6.8.5.3 Nahinfrarot-Technologie, Nahinfrarot-Spektroskopie (NIR)

Die Nahinfrarot-Spektroskopie ist derzeit die meistverwendete Detektionstechnik bei der Sortierung und Aufbereitung von Kunststoffen, speziell von Leichtverpackungen und von Kunststoffen aus EAG.

Mittels NIR-Technik können unterschiedliche Kunststoffarten anhand ihrer chemischen Zusammensetzung, unabhängig von der Farbe des Materials oder Materialeigenschaften wie Dichte, berührungslos identifiziert und anschließend separiert werden. Moderne Nahinfrarot-Sensoren arbeiten im Wellenbereich von etwa 780 und 2.500 nm.

Dazu ist eine Infrarotkamera über einem Transportband installiert, das die Verpackungen befördert. Die Kamera übermittelt ihre Daten an eine rechnergestützte Auswerteeinheit. Dort werden die verschiedenen Kunststoffe in Echtzeit

⁹⁹ <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00506-008-0005-0.pdf> ; Stand der Technik und Entwicklung bei der berührungslosen Sortierung von Abfällen/State of the art and development in the field of non-contact waste sorting von T. Pretz und J. Julius.

¹⁰⁰ Sortierung von schwarzen Kunststoffen - TK Verlag; Sensortechnik für Kunststoffrecycling - Patrick Lindweiler.

mittels einer Software identifiziert, in der produktspezifische Daten hinterlegt sind. Auf elektrischem Weg steuert der Rechner Magnetventile an, die Druckluft unter die erkannten Kunststoffobjekte blasen und diese sortenrein aussortieren.

Mittels NIR können einzelne Kunststoffarten wie PP (Polypropylen) oder PET (Polyethylenterephthalat), aber auch unterschiedlich additivierte Sorten derselben Kunststoffart, wie zum Beispiel ABS mit bestimmten Flammschutzmitteln, unterschieden und sortenrein getrennt werden.

Für schwarze Kunststoffe kann die Nahinfrarot-Spektroskopie nicht verwendet werden¹⁰¹. Der in den schwarzen Kunststoffen enthaltene Kohlenstoff reflektiert fast kein Licht im sichtbaren Teil des Spektrums und zusätzlich wird der ultraviolette (UV) und infrarote (IR) Spektralbereich absorbiert. Somit wird keine Strahlung reflektiert und vom Sensor aufgenommen. Es entstehen nicht auswertbare Spektren und damit falsche Ergebnisse. Das Problem solcher Fehlentscheidungen tritt auch bei Verbundstoffen auf (wie z. B. Getränkeverbundkartons oder Mehrkomponentenverpackungen aus unterschiedlichen Materialien).

Ebenso bereiten opake PET-Flaschen, wie sie bei Milchprodukten zur Anwendung kommen (Licht und Sauerstoffschutz), Probleme, weil die meisten NIR-Sensoren sie weder erkennen noch aussortieren können und somit das Endprodukt beeinträchtigt wird.

6.8.5.4 Visuelle Spektroskopie (VIS)

Analog zur NIR-Spektroskopie arbeitet die visuelle Spektroskopie (VIS) im visuellen Frequenzbereich, das heißt die Detektoreinheit ist auf den sichtbaren Bereich des Lichtspektrums (400–700 nm) eingeschränkt. Das System kann Farbinformationen erfassen, zum Beispiel können die Kunststofffraktionen (z. B. PET-Hohlkörper) über diese Technik in unterschiedliche Farben (z. B. natur, grün, blau) getrennt werden. Die Strahlung trifft hier auf die zu untersuchenden Objekte, wird partiell von diesen reflektiert und vom Detektor gemessen. Die gemessene Strahlung wird in ein elektrisches Signal umgewandelt, welches an eine Auswerteeinheit gesendet und dort verarbeitet wird.

6.8.5.5 Induktions-Sortiersystem (ISS), Metallsensoren, Metalldetektoren

Durch die Magnetscheidung und Nichteisenmetallsortierung werden nicht alle metallischen Bestandteile in einem Sortierprozess abgetrennt. Um bei der Aufbereitung von Kunststoffabfällen beziehungsweise der Kunststoffverarbeitung die Zerkleinerungsmaschinen (Shredder, Mühlen) und Werkzeuge vor Beschädigungen zu schützen und metallfreie Rezyklate zu erhalten, kommen Induktions-Sortiersysteme (ISS) zum Einsatz.

Metalldetektoren gibt es in den unterschiedlichsten Ausführungsarten. Bei Flächendetektoren befindet sich die Sensorleiste typischerweise unter einem Förderband oder einer Materialrutsche. Der beförderte Materialstrom wird dabei auf Verunreinigungen durch Metalle gescannt. Sich darin bewegende elektrische Leiter im Materialstrom verändern diese Felder und werden als Feldveränderungen

¹⁰¹ Es gibt Neuentwicklungen seitens der Verpackungshersteller, wie rußfreie Masterbatches und veränderte Oberflächenfarbe, die dieses Problem bei der NIR-Sortierung umgehen soll.

und Signalschwankungen in der Steuerung des Sortiersystems registriert. In Abhängigkeit der Signale und Sortiereinstellungen werden die entsprechend detektierten Materialien mit Hilfe der Ventilleiste separiert.

Tunnel-Metalldetektoren haben eine geschlossene Bauweise (ähnlich den Geräten an Flughäfen zur Personenkontrolle). Diese können auch im Produkt eingeschlossene magnetische und nichtmagnetische Metallverunreinigungen erkennen, beispielsweise in gepressten Ballen.

6.8.5.6 Farbzeilenkameras (CCD-Kameras¹⁰²), Farbsensoren

Mit Farbzeilenkamera-Systemen lassen sich oberflächliche Eigenschaften wie Farbe, Form, Größe und Oberflächenstruktur erkennen. Die Messung basiert auf Reflexion und Transmission. Das System kann dazu verwendet werden, Kunststoffe in Gruppen gleicher Farbe zu sortieren, oder auch um Verunreinigungen bestimmter Farbe oder transparente Objekte auszusortieren. Kunststoffteilchen unterschiedlichen Typs können nur dann getrennt werden, wenn sich diese in ihrer Farbe unterscheiden.

6.8.5.7 Laserspektroskopie

Bei der Laserspektroskopie regt starkes Laserlicht die Bewegung der Elektronen auf der äußeren Schale der Atome in den Kunststoffmolekülen an und bringt sie für einen kurzen Augenblick auf ein höheres energetisches Niveau. Beim Zurückfallen auf ihre ursprüngliche Energiestufe senden sie eigenes Licht aus, unverwechselbar für jede chemische Verbindung.

Anschließend wird das Lichtspektrum analysiert, das die einzelnen Teile dann aussenden beziehungsweise streuen. Jedes Material hat ein spezifisches Spektrum, das heißt einen spezifischen physikalischen Fingerabdruck. Diesen physikalischen Fingerabdruck zeichnet das Gerät als stoffspezifisches Spektrum auf und kann das Ergebnis trennscharf einem bestimmten Kunststoff zuordnen.

Dadurch können in einem Kunststoffstrom (Flakes oder Granulat) diverse Fremd- und Störstoffe abgetrennt werden. Dieses System kommt insbesondere beim PET-Recycling in lebensmitteltauglicher Qualität zur Anwendung.

Weiters können mit diesem System auch schwarze und dunkle Kunststoffe aus einem Stoffstrom erfasst werden, ohne dass das schwarze vom färbigen Material vorher separiert oder anderweitig vorsortiert werden muss. Damit kann einem Manko der weit verbreiteten NIR-Sensortechnologie begegnet werden, bei der kein ausreichendes Signal von schwarzen und dunklen Kunststoffen erhalten wird. Bisher blieb daher nur die Ausschleusung von schwarzen und dunklen Kunststoffen aus dem Strom oder die Aufbereitung mittels mechanischer Verfahren¹⁰³.

Weitere Anwendung ist die spezifische Abtrennung von Kunststoffen mit bestimmten Flammhemmern.

¹⁰² CCD steht für Charge-coupled Device. Innerhalb einer CCD-Kamera sind lichtempfindliche Elemente (CCD-Sensoren) im Brennpunkt eines Linsensystems angebracht.

¹⁰³ Sortenreine Separation schwarzer Kunststoff-Gemische - Rainer Köhnlechner.

6.8.5.8 Graustufen-Separator bzw. Graustufensensor

Diese können helle oder dunkle Verunreinigungen aussortieren (z. B. Sortierung von PVC beim Recycling von Fensterrahmen mit Verunreinigungen durch Dichtgummis)¹⁰⁴.

6.8.5.9 Röntgenfluoreszenz-basierte Sensoren (XRF)¹⁰⁵

Mittels der Röntgenfluoreszenz-Sensoren werden Materialien auf Basis ihrer atomaren Zusammensetzung klassiert und sortiert. Sowohl die Emitter (Röntgenquelle) als auch die Sensoren sind im Falle eines Bandsortierers oberhalb des Fördergurts angebracht. Durch die emittierte Röntgenstrahlung werden die einzelnen, oberflächennahen Atome jedes Objekts angeregt. Die dabei entstehende Fluoreszenz wird durch Schalensprünge der Elektronen bewirkt und ist einzigartig für jedes Element. Die fluoreszierende Strahlung wird vom Detektor aufgenommen, in ein elektrisches Signal umgewandelt und an eine Auswerteeinheit gesandt, um basierend auf den vorgenommenen Einstellungen eine Sortierung zu ermöglichen. Mittels XRF können beispielsweise verschiedene Metalle sortiert werden oder auch PVC beziehungsweise bromierte Kunststoffe von anderen Kunststoffen getrennt werden.

6.8.5.10 Röntgentransmissions-Messung (XRT)

Unter Zuhilfenahme des Röntgen Scanners für die Röntgentransmission werden Materialien anhand von Dichteunterschieden klassifiziert und sortiert. Hierbei werden die Materialien im Sensorbereich von Röntgenstrahlung durchdrungen. Der Absorptionsgrad der Röntgenstrahlung hängt sowohl von der Materialdichte als auch von der Dicke der einzelnen Teile ab. Anwendungsbeispiel ist die Erkennung von Kunststoffen mit und ohne Flammschutzmittel-Zusätze. Mit dieser Methode können auch Polystyrol-Hartschaumabfälle auf HBCD überprüft werden, aber auch der Chlor-Gehalt in Lebensmittelverpackungen.

6.8.5.11 Hyperspectral-Imaging (HSI) Technologie, NIR-Hyperspektral-Imaging

Hyperspektral Systeme (im Wellenlängenbereich von 900–1700 nm) bieten im Vergleich zu herkömmlichen Bildverarbeitungssystemen pro Objektpixel ein Spektrum anstelle eines Monochrom- oder Farbwertes. Je nach Wellenlängenbereich und spektroskopischer Verarbeitung können damit hochpräzise Farbkoordinaten, chemische Materialeigenschaften, aber auch Schichtdickeninformationen aus den Spektraldaten abgeleitet werden. Die Output-Information einer solchen Kamera weist einen deutlich höheren Komplexitätsgrad auf, ermöglicht aber auch eine viel höhere Diversität und Selektivität.

Bei dieser Technologie, welche derzeit zu den „neuen“ Technologien zählt, werden Kunststoffe nicht nach ihrer Farbe, sondern nach ihrer chemischen Zusammensetzung (Polymerklasse) getrennt. Daher können neben schwarzen Kunst-

¹⁰⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3690.pdf>

¹⁰⁵ Röntgenfluoreszenzanalyse (kurz: RFA, in der englischsprachigen Fachliteratur als XRF, x-ray fluorescence, bezeichnet)

stoffen auch Kunststoffe aller Farben sortenrein getrennt werden. Zusätzlich bietet Hyperspectral Imaging die Möglichkeit, die Qualität von Schüttgut unterschiedlichster Zusammenstellung zu analysieren und relevante Parameter wie den Brennwert und den Heizwert zu ermitteln.

Als weitere Anwendungsmöglichkeiten werden in der Literatur die Trennung von PET-Flaschen von PET-Schalen und die Sortierbarkeit von Biokunststoffen auf Basis von Polylactid (PLA) genannt.

Inwieweit diese Systeme schon in die Praxis der Kunststoffsortierung Einzug gefunden haben, ist nicht bekannt.

Zumindest bei dem niederländischen Recycler SUEZ Recycling and Recovery (vorher SITA) ist diese Technik bei einer Sortieranlage in Rotterdam im Einsatz.¹⁰⁶

6.8.5.12 Technologien im Versuchsbetrieb und/oder Labormaßstab

Nachfolgende Technologien werden noch nicht im großtechnischen Maßstab eingesetzt. Teils befinden sich diese Technologien noch in Einzelanwendung beziehungsweise wird an der breiteren technischen Anwendung gearbeitet.

UV-Licht/Fluoreszenz¹⁰⁷

Forscher der Ludwig-Maximilian-Universität in München (LMU) um Professor Heinz Langhals haben ein Verfahren entwickelt, das helfen soll, Kunststoffe effizienter maschinell zu sortieren.

Sie nutzen dabei die Eigenschaft, dass Kunststoffe nachleuchten, wenn sie mit UV-Licht angeblitzt werden (Auto-Fluoreszenz). Je nachdem, wie lange und intensiv ein Plastikteilchen leuchtet, wird ermittelt, um welche Kunststoffsorte es sich handelt. Das Nachleuchten dauert dabei nur wenige Milliardstel Sekunden und kann mit bloßem Auge nicht gesehen werden.

Die eingesetzten Sensoren helfen die Intensität und die Länge des Lichtimpulses zu messen. In Abhängigkeit des reflektierten Lichtes, wird die Identifikation der Art des Kunststoffes ermöglicht. Denn die fluoreszierende Eigenschaft jedes Polymers ist einzigartig.

Das Sortieren von Plastik mit Hilfe der Fluoreszenzabklingzeit wurde bisher ausschließlich unter Laborbedingungen der Ludwig-Maximilians-Universität getestet.

Terahertz-Imaging¹⁰⁸

Schwarze Kunststoffe bereiten bei der gebräuchlichen NIR-Sortierung Schwierigkeiten, da der Ruß, welcher dem Plastik seine dunkle Farbe verleiht, einen Großteil des Signals absorbiert.

¹⁰⁶ https://www.recovery-worldwide.com/download/1257620/_recovery_6_2015.pdf (06.2015)

¹⁰⁷ http://archiv.technikjournal.de/cms/front_content.php?idcat=59&idart=1449&lang=1 (03.03.2016)

¹⁰⁸ http://archiv.technikjournal.de/cms/front_content.php?idcat=59&idart=1449&lang=1;
<https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2016/Juni/schwarze-kunststoffe-sortenrein-trennen.html> (Forschung Kompakt/1.6.2016)

Die Terahertz (THz) Technologie hat das Potential, eine mögliche Lösung für dieses Problem zu sein, denn sie bietet die Möglichkeit einer Spektroskopieanalyse von zerkleinerten Kunststoffen.

Forscher der Fraunhofer-Institute für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR in Wachtberg, für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe und für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS in Sankt Augustin bieten laut eigener Aussage mit dem Sortiersystem „blackValue“ eine Lösung für das Problem. Die Kombination von einer Terahertz-Radarkamera mit herkömmlicher Sensorik ermöglicht, das Material vollständig zu charakterisieren.

Das Herzstück des Systems bildet eine Radarkamera, die durch den Strom der kleingeschredderten Kunststoffabfälle Terahertz-Strahlung schickt. Auf der anderen Seite des Strahls analysiert das System, auf welche Weise die einzelnen Stückchen die Strahlung verändert haben – und analysiert aufgrund der erhaltenen Spektren, um welchen Kunststoff es sich handelt und schickt diese Informationen an das Ausblssystem.

Eine Prototyp-Sortieranlage steht zurzeit am Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Bildauswertung in Karlsruhe (Stand 03.2016).

Marker(Tracer)-basiertes Sortieren (TBS), Polymark-Projekt¹⁰⁹

Seit August 2017 wird im Rahmen eines neuen Forschungsprojekts an der Wiederverwendung von Verpackungsabfällen gearbeitet. Koordiniert wird es von den Pforzheimer Professoren Dr.-Ing. Claus Lang-Koetz und Dr.-Ing. Jörg Woidasky. Das Team des Projekts „Markerbasiertes Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffverpackungen (MaReK)“ arbeitet an der Entwicklung eines neuen Sortiersystems für Plastikabfälle.

Mit dieser vom Projektpartner Polysecure entwickelten und patentierten Technologie werden unter anderem Kunststoffverpackungen sortiert. Verpackungen werden über die Bedruckung, über die Etiketten, über den Packstoff selbst mit spezifischen Fluoreszenzpartikeln markiert, die in der Sortiermaschine mit einer Laseroptik zur Fluoreszenz angeregt werden. Die Fluoreszenz wird identifiziert, das markierte Material entsprechend ausgeschleust.

Diese Marker (Tracer) können im Zuge der Produktionsprozesse, beispielsweise bei der Extrusion, in das Produkt (Verpackung) selbst eingebracht werden. Der Marker ist somit homogen im Kunststoff dispergiert und verbleibt im Produkt beziehungsweise ist er auch nach der Zerkleinerung und Klassierung im Kunststoff, sodass auf Flake-Level sortiert werden kann. Der Marker soll zahlreiche Extrusionen überstehen.

6.8.6 Händische Sortierung

Die händische Sortierung erfolgt größtenteils im Bereich der Nachsortierung. Das Material wird über Förder-Lesebänder an den Sortierarbeitern vorbeigeführt, die noch vorhandene Störstoffe, welche durch die oben angeführten sensorgestützten Sortiertechniken nicht entfernt wurden, aus den jeweiligen Materialarten ausklauben und in die nebenstehenden Abwurfgeschächte befördern.

¹⁰⁹ <https://eu-recycling.com/Archive/15686>

Insbesondere bei den PET-Flaschen Aufbereitern wird eine manuelle Sortierung zwischen- oder als Qualitätskontrolle nachgeschaltet, um Nichtgetränke PET-Flaschen von Getränke PET-Flaschen abzuscheiden. Eine Erkennung von Nichtgetränke PET-Flaschen ist mit der zurzeit zur Verfügung stehenden sensorgesteuerten Sortiertechnik nicht möglich (siehe auch Kapitel 6.8.5.12).

Bei diesen sogenannten Nichtgetränke PET-Flaschen handelt es sich beispielsweise um PET-Chemikalienflaschen, Flaschen mit Körperpflegeinhalten aber auch Essigflaschen. Diese sind bei der weiteren Verarbeitung (Flake bzw. Granulatherstellung) in den Recyclingbetrieben nicht erwünscht, da durch die Inhalte eventuell Restkontaminationen eingetragen werden, die bei der Aufbereitung (Heißwäsche) zu unerwünschten Verfärbungen der PET-Flakes beziehungsweise PET-Granulate führen können. Ebenso werden PET-Flaschen, die Fruchtsäfte enthielten, manuell aussortiert, da das in Fruchtsäften enthaltene Acetaldehyd eventuell zu Geschmacksbeeinträchtigungen bei der weiteren Verwendung der Rezyklate in Mineralwasserflaschen führen könnte.

Bei der Sortierung kann zwischen einer Positivsortierung und einer Negativsortierung unterschieden werden.

Bei der Positivsortierung wird die gewünschte Kunststofffraktion aus dem Materialstrom gezielt herausgenommen.

Bei der Negativsortierung werden Störstoffe und nicht erwünschte Kunststofffraktionen herausgenommen, während die gewünschten Kunststoffanteile auf dem Förderband (Leseband) verbleiben.

Die Positiv- und Negativsortierung kommen auch bei der automatischen, sensorgesteuerten Sortierung zur Anwendung.

Standardgemäß werden die händischen Sortierarbeiten in geschlossenen Sortierkabinen durchgeführt, die mit Heizung, Licht und einem Frischluft- beziehungsweise Abluftregulierungssystem (entsprechend ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG) ausgestattet sind.

Manuelle Sortierung findet aber auch in vielerlei anderen Bereichen, zum Beispiel als erster Schritt vor der Behandlung von Rohren oder nach dem mechanischen Aufschluss von Kunststoffverbundteilen in einem Querstromzerspaner Anwendung.

6.9 Schmelz- und Formgebungsprozesse

Im Rahmen des werkstofflichen Recyclings werden – zumeist – mittels der zuvor beschriebenen Zerkleinerungs- und Sortiertechnologien hergestellten Mahlgüter definierter Qualität in Schmelzprozesse eingebracht. Nur bei Thermoplasten ist Recycling mittels Einschmelzens möglich. Die chemische Struktur (Makromoleküle) bleibt unverändert. Diese Prozesse umfassen meist auch eine Compounding, das heißt dem Material werden Additive zugesetzt, um die gewünschten Eigenschaftsprofile zu erhalten. Es werden entweder Regranulate erzeugt, die dann als Ausgangsmaterial in der Kunststoffverarbeitung eingesetzt werden, oder es werden direkt neue Produkte hergestellt (Beispiel: In-line-Verarbeitung von PET oder Folien).

6.9.1 Extrusion

Das Arbeitsprinzip des Extruders ähnelt dem eines Fleischwolfes. Dabei wird der Kunststoff in einer Schneckenpresse durch Druck und zusätzliche Wärmezufuhr von außen (Heizbänder) kontinuierlich aufgeschmolzen und durch eine formgebende Düse ausgetragen.

Der Extruder dient der Herstellung von Regranulaten sowie von fertigen Produkten, wie Rohren, Profilen, Platten und Folien.

Es gibt eine Vielzahl von möglichen Bauformen für Extruder, erwähnt werden nachfolgend die gängigsten Grundformen.

Einschneckenextruder

Diese sind für nahezu alle Kunststoffe geeignet, robust und unempfindlich.

Die Eingangsschnittstelle zur Materialversorgung ist der Maschinentrichter. Der Kunststoff wird hier in der Regel als rieselfähiges Granulat bereitgestellt. Der Maschinentrichter wird durch entsprechende stromaufwärts liegende Anlagenkomponenten mit dem Granulat und rezykliertem Mahlgut gefüttert, wobei zumeist auch produktspezifische Rezepturbestandteile (z. B. Farbmasterbatch) zugemischt werden. Die Schwerkraft im vertikal zur Einfüllöffnung angeordneten Trichter ist aufgrund der Rieselfähigkeit aller Rezepturbestandteile ausreichend zur Förderung.

Am Schneckenzyylinder sind außen Heizbänder befestigt. Diese schmelzen das zugeführte Kunststoffpulver oder -granulat auf (Plastifizieren). Je nach Aufbau und Verfahren kann es notwendig werden, den Extruder nicht nur zu beheizen, sondern den darin enthaltenen, plastifizierten Kunststoff auch zu kühlen. Diese Kühlung erfolgt entweder über Kühlgebläse oder in Kühlkanälen, die in den Schneckenzyylinder eingearbeitet sind und ein Kühlmedium enthalten.

Die Ausgangsschnittstelle ist ein kreisförmiger Austrittsquerschnitt, in dem der Kunststoff in aufgeschmolzenem und homogenem Zustand zu den stromabwärts liegenden Anlagenkomponenten gefördert wird und zum Extrusionsprodukt ausgeformt werden kann. Beim Einschneckenextruder wird der Kunststoff in der Regel als rieselfähiges Granulat bereitgestellt.

Doppelschneckenextruder

Hauptmerkmal sind zwei ineinandergreifende Schneckenwellen, die eine Zwangsförderung des Materials bewirken.

Doppelschneckenextruder sind teurer in der Herstellung als der Einschneckenextruder, zeichnen sich aber durch eine deutlich bessere Mischwirkung aus. Sie kommen bei der Verarbeitung von pulverförmigem, thermisch empfindlichem Polyvinylchlorid zum Einsatz.

Das Material wird durch elektrische Heizpatronen oder mittels Heizschalen auf etwa 20 °C über dem Schmelzpunkt aufgeheizt. Die Kühlung des Zylindergehäuses erfolgt mittels Wasserkreisläufen, die durch Relaischaltungen gesteuert werden.

Unterschieden wird weiters zwischen gegenläufig drehenden und gleichläufig drehenden Doppelschneckenextrudern.

Weitere Ausrüstung der Extruder

Üblicherweise verfügen Extruder, in denen Mahlgütern aus Kunststoff-Abfällen eingesetzt werden, über eine Vorrichtung zur Entgasung der Schneckenzone (Pumpen, Vakuumentgasung), da ansonsten Blasen im Endprodukt verbleiben würden. Das abgeführte Gas wird kondensiert, das Kondensat muss als Abfall behandelt werden.

Bei der Verarbeitung von gemischten und verschmutzten Kunststofffraktionen zu sortenreinen Regranulaten kommt der Schmelzefiltration über Schmelzefilter bei der Extrusion, vor dem Granulierungsschritt, besonderer Bedeutung zu. Die Schmelze wird dabei durch Siebscheiben gepresst und verlässt den Filter sauber über den Sammelkanal. Beim Durchfließen der Schmelze bleiben die Schmutzpartikel am Sieb hängen und werden ausgetragen.

Es sind derzeit Extrudersiebe aus rotierenden Metalldrahtgeweben sowie Laserfilter (die Lochung der Siebvorrichtung wurde mittels Laser geschossen) mit rotierenden Schaberscheiben im Einsatz. Kontinuierlich laufende Schmelzefilter arbeiten zum Beispiel mit einer rotierenden und mit konischen Bohrungen perforierten Filtertrommel, Teilflächen-Rückspülfiltersysteme arbeiten mit dem Freispülen einer kleinen Teilsiebfläche mittels der anströmenden, sauberen Schmelze von der Siebrückseite.

6.9.1.1 Regranulierung

Bei der Herstellung von Regranulaten mittels Extrusion wird die Masse durch die Düsen gepresst und dabei zu dünnen Strängen geformt.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Heiß- und Kaltabschlag, je nach Verarbeitung resultieren daraus verschiedene Kornformen:

- Zylinder oder Würfelformen im Falle eines Kaltabschlags
- Perlen oder Linsenkornform im Falle eines Heißabschlags

Beim Kaltabschlag wird die Schmelze durch eine Düse zu Strängen ausgeformt, anschließend in einem Wasserbad abgekühlt und im festen Zustand durch eine rotierende Messerwalze (Granulator) in die gewünschte Länge geschnitten. Der Kaltabschlag ist kostengünstiger, aber es können Überkörnung und Zwillingsbildung auftreten.

Beim Heißabschlag wird die Schmelze durch eine Lochplatte extrudiert und die austretenden Stränge im plastifizierten Zustand durch ein rotierendes Messer abgeschnitten. Die Kühlung erfolgt erst nach dem Granulierungsschnitt zum Beispiel mittels Wasser im Falle der Unterwassergranulierung. Bei Heißabschlag-Wasserring-Granulieranlagen wird die austretende Schmelze nach dem Messerabschlag mittels Zentrifugalkraft nach außen in einen rotierenden Wasserring geschleudert. Dieser kühlt die Granulate ab und transportiert sie über einen Ausstragskanal zum nachfolgenden Granulat-Entwässerungssieb. Hier wird das gekühlte Material vom Kühlwasser getrennt.

Das Wasser verhindert dabei das Zusammenkleben der einzelnen Granulat Körner und kühlt das Material ab. Der Vorteil des Heißabschlags ist, dass das Endprodukt weniger Verunreinigungen aufweist. Der Nachteil einer Wasserkühlung ist, dass das Granulat anschließend getrocknet werden muss.

6.9.1.2 Blasfolienextrusion

Bei der Blasfolienextrusion wird der über einen Extruder geschmolzene Kunststoff mithilfe von Luft durch ein Werkzeug mit ringförmiger Düse gedrückt, wodurch ein 10 bis 20 Meter hoher Schmelzschlauch entsteht. Dieser Schmelzschlauch wird mit Luft aufgeblasen und zugleich durch kühle Luft von außen oder innen gekühlt, wobei in dieser Phase des Prozesses die Breite und die Stärke der Folie festgelegt werden.

Der bereits erstarrte Schlauch wird anschließend von einem Quetschwalzenpaar zu einem sogenannten Layflat zusammengelegt, welches anschließend zu einem Wickler läuft, wo es meist automatisch auf Rollenkerne gewickelt wird.

6.9.1.3 Extrusionsblasformen

Extrusionsblasformen (auch Hohlkörperblasen) kommt bei der Herstellung von Hohlkörpern aus Thermoplasten zur Anwendung.

Das Verfahren gliedert sich in zwei parallel ablaufende Prozessschritte.

- Mittels kontinuierlicher Extrusion wird der Kunststoff plastifiziert und ein sogenannter Vorformling (Urform) hergestellt.
- Der Vorformling wird zyklisch in die bereitstehende Blasform übergeben. Durch Innendruck wird der Vorformling schließlich den Innenkonturen dieser Form angepasst. Diesen Vorgang bezeichnet man als Blasformen.

6.9.1.4 Streckblasen (Streckblasformen sowie Spritzstreckblasen)

Das Streckblasen ist eine Sonderform des Blasformens. Die häufigste Anwendung für das Streckblasen sind PET-Flaschen. Die vergleichsweise kleinen PET-Rohlinge werden dabei im Spritzgieß-Verfahren produziert und anschließend auf ihr endgültiges Volumen durch Streckblasen expandiert.

Im Gegensatz zum Extrusionsblasformen wird der Vorformling beim Streckblasen nicht nur in Umfangsrichtung verstreckt, sondern auch zusätzlich in Längsrichtung. Dies erfolgt mechanisch durch den Einsatz eines Stempels. Simultan erfolgt die Umfangsverstreckung durch die Verwendung von Blasluft.

6.9.2 Spritzgieß- bzw. Spritzpressverfahren

Beim Spritzgießen wird Kunststoff in Granulat- oder Pulverform über einen Trichter in eine rotierende Schnecke eingefüllt. Darin wird das Material durch die Rotation in Richtung Schneckenspitze gefördert. Hierbei entsteht durch Zerteilen und Scheren des Granulats die sogenannte Friktionswärme, die zusammen mit der Heizung des Zylinders, in dem die Schnecke rotiert, für die Aufschmelzung des Kunststoff-Granulats sorgt.

Im weiteren Prozess-Verlauf staut sich die Kunststoff-Schmelze an der Schneckenspitze, wo sich die Auslassdüse befindet, die zu diesem Zeitpunkt geschlossen ist. Hierbei entsteht Druck auf die Schnecke.

Nach dem Verdichten der Schmelze durch die Förderschnecke wird der Kunststoff unter hohem Druck über eine Düse in den Hohlraum des geschlossenen Werkzeuges gepresst und nach dem Erkalten das Formteil aus dem Werkzeug

entnommen. Zur Vermeidung von Verunreinigungen wird wie bei der Extrusion eine Schmelzefiltration eingesetzt.

Das Spritzgießen ist heute das wichtigste Verfahren zur Herstellung von unterschiedlichsten Formteilen aus thermoplastischen Kunststoffen, kann jedoch auch für die Verarbeitung von Elastomeren und Duroplasten eingesetzt werden.

Beim Spritzpressen wird statt eines geschlossenen Werkzeugs eine offene Form gewählt, in welche die plastifizierte Masse mit geringem Druck gefüllt wird. Nach dem Schließen der Befüllöffnung wird das Werkzeug durch die Presse verschlossen. Der plastische Schmelzkuchen fließt dabei in die endgültige Form. Nach Erreichen der Formstabilität kann das Formteil entnommen werden. Dieses Verfahren kann bei der Produktion einfacher dickwandiger Produkte, wie beispielsweise Paletten, angewendet werden.

6.9.3 Intrusion

Die Intrusion ist eine Kombination zwischen Spritzgieß- und Extrusionsverfahren. Das Material wird nach der Plastifizierung des Kunststoffs in Stahlformen gefüllt und danach bis zur Erstarrung abgekühlt. Je nach Form, geteilt oder ungeteilt, wird das Produkt herausgestoßen oder manuell entnommen. Als Produkte können Platten, Bohlen, aber auch Pfosten für Straßenschilder, Kilometersteine, reflektierende Pfosten an Straßenecken hergestellt werden. Bei diesem Verfahren können vermischte und verschmutzte Kunststoffe, wie sie bei Haushaltssammlungen anfallen, eingesetzt wird.

6.9.4 Sinterpressverfahren

Bei diesem Verfahren wird der gemahlene Kunststoff in kassettenförmige Formen eingerieselt. Nach Verschluss der Form durchläuft diese in einem Schachtofen von oben nach unten eine Vorwärmzone, eine Schmelzzone und eine Kühlzone. Je weiter die Form im Schachtofen nach unten wandert desto höher wird der Pressdruck.

Dieses Verfahren ermöglicht ein Aufschmelzen der Kunststoffe, Füllen der Formen und verzugsfreies Abkühlen mit der Umgebungsluft. Als Produkte entstehen großflächige Platten mit bis zu 60 mm Dicke.

6.10 PET-Recyclingprozesse für den Lebensmittelbereich

Grundsätzlich können zwei unterschiedliche Endprodukte das Ziel des PET-Recyclings sein:

- R-PET¹¹⁰ für so genannte nicht-Lebensmittelkontakt Anwendungen (Non-Food-Qualität)
- R-PET für Lebensmittelkontakt Anwendungen (Food-Grade-Qualität).

¹¹⁰ R-PET, auch als RPET bzw. rPET geschrieben: Man versteht darunter recyceltes PET-Material aus eingesammelten, gebrauchten PET-Flaschen.

Um die Kriterien der FDA (U.S. Food and Drug Administration), der EFSA (European Food Safety Authority) als auch vieler großer Markenartikel-Hersteller zu erfüllen, wurden speziell patentierte Aufbereitungsprozesse entwickelt um aus Kunststoffabfällen des Post-Consumer-Bereichs Rezyklate zu gewinnen, die im Lebensmittelbereich Anwendung finden können. Die Verfahren wurden vor allem für das PET-Recycling im „Bottle-to-Bottle“ Bereich entwickelt.

Die EFSA definiert die Anforderungen an den Recyclingprozess anhand einer definierten maximalen Restkonzentration an Schadstoffen mit den maximalen Flaschenwandkonzentrationen aus einem Expositionsszenario. Dafür wird zunächst die Reinigungseffizienz des Recyclingprozesses mit einem "Challenge Test" ermittelt. Dessen Ergebnisse werden dann auf die normalisierte "worst-case" Kontamination im PET-Flaschen Rücklauf übertragen. Hier ist auch definiert, dass der Inputstrom an gebrauchten PET-Flaschen maximal zu 5 % aus Non-Food-Verpackungen bestehen darf. Die Bewertung der Exposition erfolgt für drei Szenarien (Kleinkinder, Heranwachsende, Erwachsene) – daraus werden die maximalen Migrationswerte für eine Mineralwasserflasche abgeleitet. Liegen nun die mittels der Expositionsrechnung ermittelten maximalen Belastungen unter den maximalen Konzentrationen in R-PET, so erhält das Recyclingverfahren eine Zulassung und die PET-Granulate dürfen für Lebensmittelkontakt eingesetzt werden¹¹¹.

Die EFSA erstellt zu jedem Recyclingverfahren, für das ein gültiger Zulassungsantrag eingereicht wurde, ein Gutachten. Alle eingegangenen Anträge können im Online-Register der Anfragen (Register of Questions) der EFSA eingesehen werden.

Der Prozess des PET-Recyclings ist üblicherweise mehrstufig aufgebaut:

- Schritt 1: Aufbrechen der PET Ballen und Sortieren der Flaschen (ggf. Farbsortierung)
- Schritt 2: Mahlen und Waschen
- Schritt 3: Tiefenreinigung mittels chemischer Verfahren oder thermischer Behandlung im Vakuumreaktor
- Schritt 4: Sortierung der gewaschenen Flakes (Farbsortierung)
- Schritt 5: Aufschmelzen des Materials und Filtration
- Schritt 6: Wiederherstellung der Kristallinität bei geschmolzenem Material
- Schritt 7. Abschließende Polymerisation zur Herstellung eines definierten I.V. (Englisch: Intrinsic Viscosity) Wertes

In Abhängigkeit von den verschiedenen Inputqualitäten werden diese Prozessschritte unterschiedlich kombiniert.

Im Folgenden sollen die wesentlichen technischen Schritte und unterschiedlichen Verfahrensabläufe kurz erläutert werden.

Die Vorteile der Schmelzefiltration sind die definierte Partikelgröße und Schüttdichte des R-PET Granulats sowie die Abfiltration von Störstoffen. Hinsichtlich seiner Weiterverarbeitbarkeit ist das R-PET vergleichbar mit der Qualität von Neuware. Der größte Nachteil des PET-Recyclings durch Schmelzefiltration ist sicherlich der damit verbundene Abbau der intrinsischen Viskosität des Materials,

¹¹¹ Verwendung von PET und PET Rezyklaten aus Verpackungen in Deutschland Eine Kurzstudie im Auftrag des NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. Benedikt Kauertz & Andreas Detzel Heidelberg, Oktober 2017

durch die Verkürzung der Molekülketten aufgrund der thermischen Belastung während der Schmelze.

Außerdem können Additive in den Flaschen Probleme hervorrufen, wenn sich das Material während der Schmelze gelb verfärbt. An den Flakes haftende Störstoffe können als Fremdkörper im Material bleiben und bei der Weiterverarbeitung zu schwarzen, punktförmigen Verunreinigungen führen. Weiterhin kann durch die thermische Behandlung des Materials Acetaldehyd entstehen und das Material kontaminieren. Ein technischer Nachteil des Verfahrens ist, dass das Material zur Lagerung und zum Transport regranuliert werden muss.

Das Verfahren der Schmelzefiltration ist jedoch nur eine Prozessstufe im PET-Recycling (Flake zu Granulat). Je nach Anlagenkonfiguration kann dieses Verfahren, ergänzt um vorgeschaltete Sortier-, Wasch- und Mahlprozesse sowie eine nachgeschaltete Polykondensation¹¹² (zur Verlängerung der Molekülketten, siehe oben), auch in einem kontinuierlichen Recyclingablauf eingesetzt werden.

Marktführer in diesem Bereich sind in Europa Firmen wie EREMA Engineering Recycling Maschinen und Anlagen GmbH (Zentrale in Ansfelden, Österreich) oder Starlinger & Co GmbH (Wien, Österreich).

6.10.1 Beispiel: URRC-Verfahren

Dieses Verfahren arbeitet nach der von der United Resource Recovery Corporation (USA) entwickelten URRC-Technologie und wird beim „Bottle-to-bottle“-Recycling für die Herstellung von lebensmitteltauglichen PET-Flakes angewendet.

Dabei werden mechanische und chemische Aufarbeitungsschritte kombiniert.

Da das Verfahren hohe Ansprüche an das Kunststoffmaterial stellt, ist eine Vorbehandlung nötig. Diese besteht in der Regel aus einer Aussortierung von Störstoffen wie Metall, Steinen, Papier und anderer Kunststoffsorten. Im Anschluss zerkleinert eine Nassmühle die alten PET-Flaschen in 12 mm bis 14 mm große Flakes.

Das entstehende Gemisch aus PET-Flakes, Etiketten und Verschlusskappen wird zunächst in einem Wäscher mit heißem Wasser und Natronlaugenzusatz gewaschen, wodurch die Flakes von Etiketten und Getränke rückständen sowie groben Schmutzpartikeln befreit werden.

Nach der Heißwäsche wird das Material in einer Schwimm-Sink-Trennanlage weiter separiert. Dabei schwimmt das Verschlusskappenmaterial, welches aus Polypropylen (PP) besteht, auf und das PET sinkt zu Boden. Für eine bessere Weiterverarbeitung wird das PET-Material getrocknet. Anschließend werden mit Hilfe eines Windsichters leichte Fremdstoffe wie Multilayer-Folien oder Etiketten entfernt.

Kernstück des URRC-Prozesses ist ein Drehrohr mit einer Länge von 26 m und einem Durchmesser von 3 m, in dem die PET-Flakes chemisch mit Natronlauge saubergeätzt wird. Da Wasser diesen Prozess stört, müssen die Flakes vorher in einer Spezialvorrichtung mit verdünnter Natronlauge vermischt und getrocknet werden. Die so vorbehandelten Flakes werden in einem kontinuierlichen Prozess

¹¹² Polykondensation ist eine vielfach ablaufende Kondensationsreaktion, die Monomere in Polymere (Kunststoffe) überführt.

bei Temperaturen über 200 °C langsam durch das Drehrohr geschleust. Dabei spaltet die anhaftende Lauge die oberste PET-Schicht in die Grundbausteine Ethylenglykol und Terephthalsäure und entfernt auf diese Weise noch anhaftende Störstoffe. Die Flakes erhalten dadurch eine raue und daher vergrößerte Oberfläche. Diese große Oberfläche erlaubt die Migration von störenden Aromastoffen, Restmonomeren und Abbauprodukten des PET aus den Flakes. Andererseits werden durch diesen Prozess die Flakes nicht aufgeschmolzen und die Polymerketten bleiben dadurch vollständig erhalten.

Die Nebenprodukte (Salze) werden abgeseibt und von den Flakes abgewaschen. Zusätzlich wird das Material neutralisiert und anschließend getrocknet.

Um höchste Farbreinheit sicherzustellen, wird danach der gesamte Materialstrom durch einen Farbsortierer geschickt, der noch bunte PET-Flakes durch pneumatische Düsen ausschleut. Verbliebene Fremdmaterialien wie PVC oder Nylon, die wegen ihrer ähnlichen Dichte im Vorfeld nicht abgetrennt wurden, werden im Ätzprozess bräunlich bis schwarz eingefärbt, sodass sie durch ein Lasersorter-System ausgeschleust werden können.

Vorteil des URRC Verfahrens ist, dass die Food-Grade-Qualität der recycelten Flakes ohne Abbau von Kristallinität und Reduktion der intrinsischen Viskosität erreicht werden kann.

Nachteil des Verfahrens ist, dass die chemische Reaktion, auf welcher der Recyclingprozess basiert, Beiprodukte wie Ethylenglykol und Salz produziert, das in einem zweiten Wasch- und Trocknungsschritt von den PET-Flakes entfernt und beseitigt werden muss. Auch findet keine Abfiltration nicht schmelzender Stoffe statt, die gegebenenfalls im Inneren der PET-Flakes zu finden sind. Dies kann erst in einer nachgeschalteten Extrusion mit Schmelzefiltration erfolgen¹¹³.

6.10.2 Beispiel: Festphasen-Polykondensation (Solid State Polycondensation SSP)

Die Festphasen-Polykondensation (SSP) ist ein Tiefenreinigungs- und Upcycling Prozess, bei dem die Polymerkettenlängen durch Wärme in Abwesenheit von Sauerstoff und Wasser entweder durch Vakuum oder durch Spülen mit einem Inertgas (z. B. Stickstoff) erhöht und unerwünschte Nebenprodukte (flüchtige Verunreinigungen) ausgetrieben werden.

Typische Anwendungen des SSP-Verfahrens sind die Erhöhung der intrinsischen Viskosität (Englisch: Intrinsic Viscosity) von PET-Material, um die mechanischen Eigenschaften des Endprodukts zu verbessern, und die Dekontamination für Anwendungen, die mit Lebensmittel in Kontakt kommen.

Die intrinsische Viskosität oder Grenzviskositätszahl, auch Staudinger-Index genannt, ist eine wichtige Kenngröße, da sie ein Maß für das Molekulargewicht eines Polymers ist und somit seinen Schmelzpunkt, seine Kristallinität und seine Zugfestigkeit widerspiegelt. Die I.V. ist somit ein wesentliches Qualitätsmerkmal des Endproduktes. Bei der Verarbeitung von PET tritt in der Schmelzphase

¹¹³ Ökobilanz von Getränkeverpackungen in Österreich Sachstand 2010 Endbericht 11. Februar 2011 ifeu -Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH.

nämlich das Problem auf, dass die Polymerketten durch eingelagerte Wassermoleküle gespalten werden (hydrolytischer Abbau). Dadurch verschlechtern sich die Materialeigenschaften.

6.10.3 Beispiel: Starlinger recoSTAR PET (HC) iV+ Technologie

Der Recyclingprozess besteht aus zwei Hauptschritten: Dem kontinuierlichen Extrusionsprozess (recoSTAR PET) und der semi-kontinuierlichen Festphasen-Polykondensation (SSP-Verfahren, siehe Punkt 5.10.2) zur I.V.-Erhöhung und Dekontamination für den direkten Kontakt mit Lebensmitteln.

Die in vorgeschalteten Mahl- und Waschprozessen zerkleinerten, gewaschenen und sortierten PET-Flakes werden direkt von der Vortrocknungseinheit in den Extruder dosiert, welcher die Wärme des Trocknungsprozesses nutzt. Flüchtige Verunreinigungen sowie Monomere werden mittels Hochleistungsvakuum extrahiert. Vor dem Granulierungsschritt werden feste Fremdstoffe mit einem Doppelkolben-Rückspülfilter ausgefiltert.

Nach dem Granulierungsschritt im Extruder wird das Regranulat in einen Kristallisor gefördert und die Restwärme im Granulat für den Kristallisationsprozess genutzt.

Im nachgeschalteten Vorwärmbehälter auf dem Reaktor wird das Material weiter erwärmt und nach Erreichen der Reaktionstemperatur circa drei Chargen pro Stunde in den Reaktor abgelassen.

Dort verweilt das Granulat unter Hitze und Vakuum, sodass sich die Molekülketten wieder verbinden (Polykondensation) und eine I.V.-Erhöhung stattfindet.

Nach Ablauf der eingestellten Verweilzeit im Reaktor wird das Material chargenweise unter kontrollierten Bedingungen in der optionalen Kühlkammer abgekühlt, um die Farbwerte zu verbessern¹¹⁴.

6.10.4 Beispiel: VACUREMA® Bottle-to-Bottle Verfahren, Firma EREMA

Bei der patentierten VACUREMA® Technologie erfolgt die Dekontamination bereits vor dem Extrusionsprozess, also bereits am PET-Flake – und nicht am Granulat.

Diese Vorbehandlung von PET-Flakes unter erhöhter Temperatur und Hochvakuum entfernt Feuchte und Migrationsstoffe aus den PET-Flakes. Es ist auch keine Vortrocknung erforderlich, da Eingangsmaterialien mit einer Feuchtigkeit von bis zu 1,5 % verarbeitet werden können.

Im Gegensatz zum vorher erwähnten Starlinger SSP-Dekontaminationsprozess am Granulat ist die Verweildauer hier im Dekontaminationsreaktor viel kürzer. So ist auch ein kontinuierlicher Prozess möglich, im Unterschied zum Batch-Betrieb beim Starlinger-Verfahren.

¹¹⁴ <https://www.starlinger.com/de/recycling/details/article/starlinger-und-pet2pet-forcieren-pet-recycling-in-oesterreich>; Starlinger und PET 2 PET forcieren PET-Recycling in Österreich
Pressemeldung Starlinger Wien, 21. Februar 2019.

Der Prozess verfügt über die international anerkannten Zertifizierungen der nord-amerikanischen FDA und der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA).

Bei allen VACUREMA® Anlagen werden die Parameter für die Lebensmitteltauglichkeit im Recyclingprozess ständig kontrolliert, die gespeicherten Rezeptdaten überwacht und bei Abweichungen der Grenzwerte Alarm ausgelöst¹¹⁵.

6.10.5 Beispiel: VACUNITE® Bottle-to-Bottle Verfahren, Firma EREMA

Dieses patentierte Verfahren kombiniert das Bottle-to-Bottle-Verfahren „Vacurema“ mit dem von POLYMETRX weiterentwickelten Vakuum-unterstützten „Solid State Polycondensation“ (SSP). Das Besondere dabei ist, dass alle thermischen Prozessschritte unter Stickstoffatmosphäre ablaufen. Dadurch sollen Verfärbungen von Flakes und Pellets weitgehend ausgeschlossen und Zusätze, die in der Schmelze zu ungewollten Reaktionen führen könnten, zuverlässig entfernt werden.

Der Stickstoff wird durch die Vakuumunterstützung gereinigt und kann so dem vorhergehenden Prozessschritt rückgeführt werden¹¹⁶.

6.10.6 Beispiel: XTREME Renew Flakes to Preform System

Dieses Verfahren basiert auf dem Anlagenverbund der bewährten und speziell für diese Anwendung weiterentwickelten VACUREMA® Bottle to Bottle Technologie mit dem XTREME Renew Preform Production System von SIPA. Somit können aus PET-Flakes direkt neue, lebensmitteltaugliche R-PET-Preforms erzeugt werden.

Im VACUREMA® Teil der Anlage werden die Flakes dekontaminiert, die Viskosität erhöht, aufgeschmolzen und gefiltert. Die lebensmitteltaugliche Schmelze wird dann direkt in die angekoppelte XTREME Spritzpräganlage eingebracht. Somit entfällt ein weiterer Schmelzvorgang, nämlich das bei herkömmlichen Verfahren notwendige Aufschmelzen der R-PET-Pellets. Das wiederum soll die Gefahr einer dadurch bedingten Gelbfärbung und der neuerlichen Bildung von flüchtigen organischen Verbindungen ausschließen¹¹⁷.

6.10.7 Beispiel: PET-Recyclingverfahren Firma Kronos

Die Kronos AG mit Sitz in Neutraubling, Bayern, hat ebenfalls ein PET-Recyclingverfahren entwickelt, bei dem die Flakes nicht geschmolzen werden. Diese Verfahren integriert eine mehrstufige Flakes-Wäsche zur Oberflächenreinigung mit einem intensiven Vakuumdekontaminationsverfahren zur Tiefenreinigung.

¹¹⁵ https://www.erema.com/de/vacurema_bottle_to_bottle;
<https://www.erema.com/de/pressemitteilungen/IDobj=274>

¹¹⁶ Zeitschrift EU-Recycling 01/2019, Seite 34.

¹¹⁷ <https://www.kunststoff-cluster.at/partnerunternehmen/unser-nachrichtenportal-ihre-medienpraesenz/detail/news/von-pet-flakes-direkt-zu-100-prozent-rpet-preforms/>

Ebenso wie im URRC Verfahren wird durch eine nachgeschaltete Sortierung der Flakes farblich unpassendes Material abgetrennt.

Die zwei Anlagen bestehen je aus einem Waschmodul und einem Dekontaminationsmodul. Das Waschmodul liefert zunächst Non-Food-Grade-R-PET-Flakes, welche im daran anschließenden Dekontaminationsmodul zu Food-Grade-Flakes weiterverarbeitet werden.

Die vorsortierten PET-Flaschen gelangen im ersten Schritt des Waschmoduls auf ein Rüttelsieb. Hier werden kleine Schmutzpartikel wie Glas, Sand, Metalle und lose Etiketten mechanisch abgetrennt. Im nächsten Schritt durchläuft das Material eine Metallsuchbrücke, wo Metalle ausgeschleust werden. Dies stellt eine Schutzmaßnahme für die nachgeschaltete Mühle dar. In der Mühle werden in einem trockenen Mahlvorgang das Deckelmaterial, PET und Etiketten vermahlen. Das vermahlene Material gelangt nun in einen Trockenmischer, der die einzelnen Bestandteile miteinander vermengt. Ein Zickzack-Sichter trennt die Einzelteile schonend voneinander, beispielsweise PET von den Etiketten. Über einen konstanten Luftstrom werden hier bis zu 95 % der leichten Stoffe wie Etiketten und Staub abgezogen und separat gesammelt.

Das Produktgemenge aus PET, Flakes und Deckelmaterialien wandert weiter in die Vorwäsche und wird mit warmem Wasser vermischt und eingeweicht. Nächste Stufe ist der Laugenwäscher. Sämtliche Rückstände auf der Oberfläche wie Klebstoff oder Papier werden durch Reibung schonend abgewaschen und mit Filtrationssystemen aus der Waschlauge entfernt. Ein Schwimm-Sink-Verfahren trennt die spezifisch leichteren Deckelmaterialien von den schwereren PET-Flakes. Die PET-Flakes sinken auf den Boden ab. Deckelmaterialien schwimmen an der Oberfläche und werden abgezogen. Die PET-Flakes gelangen nun in eine heiße, mehrstufige Nachwäsche. Hier werden sie sehr schonend mit erhitztem Frischwasser nachgereinigt. Danach werden die PET-Flakes in eine zweistufige Trocknung überführt. In einem Zentrifugaltrockner wird zunächst der größte Anteil des Wassers ausgeschleudert. In der zweiten Stufe wird das Material mit Heißluft in ein Puffersilo transportiert.

Nun startet die erste Stufe des Dekontaminationsmoduls. Dabei werden dickere Flaschenpartikel von den Wandpartikeln getrennt. Die dickeren und schwereren Teile werden nachvermahlen und wieder dem restlichen Produktstrom zugeführt. Ziel ist ein möglichst homogenes PET-Produkt. Danach erfolgt die Weiterbehandlung in der ersten Heizschnecke. Das PET-Material wird hier schonend vorgewärmt. In der zweiten Heizschnecke wird das Material auf die erforderliche Dekontaminationstemperatur erhitzt. Abschließend folgt die Behandlung im Vakuumreaktor, in dem alle Kontaminationen aus dem Produkt entfernt werden. Der Austrag nach dem Prinzip „first in first out“ garantiert eine definierte Verweildauer des Materials im Reaktor. Die mit diesem Verfahren hergestellten lebensmittel-tauglichen Flakes sind in ihren optischen und physikalischen Eigenschaften mit Neuware vergleichbar¹¹⁸.

¹¹⁸ <https://plasticker.de/fachwissen/showartikel.php?id=128&begriff=&backto=/fachwissen/fachartikel.php>

6.10.8 Forschungsvorhaben „UpcyclePET“

Projektpartner sind die Firma Easicomp GmbH, das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF und das Öko-Institut.

In diesem Projekt sollen PET-Kunststoffabfälle zur Herstellung hochwertiger und langlebiger Produkte eingesetzt werden. Zum Einsatz soll ein Strangziehverfahren kommen, mit dem der PET-Kunststoff mit Langglasfasern verstärkt wird.

Das Projektteam bewertet derzeit den potenziellen technischen Ersatz des Materials als Leichtbauteile in der Automobilindustrie.

6.11 Rohstoffliche Verwertung

Rohstoffliches Recycling bedeutet die Spaltung der Polymerketten zum Beispiel durch Einwirkung von Wärme und die stoffliche Nutzung der Spaltprodukte. Die dabei anfallenden Produkte (Monomere oder petrochemische Grundstoffe wie Öle und Gase) dienen zur Herstellung neuer Kunststoffe oder können auch für andere Zwecke eingesetzt werden.

6.11.1 Pyrolyse

Bei diesem Verfahren handelt es sich um die Zersetzung von Kohlenwasserstoffen unter Abwesenheit von Luft beziehungsweise Sauerstoff. Abhängig von der Temperatur (500 °C–850 °C) erhält man unterschiedliche Produkte: Kohlenwasserstoffe wie Wachse oder Öle bis hin zu Benzin. Diese Verfahren werden naturgemäß vor allem für die Verwertung von Mischkunststoffen genutzt, die sich nur unter großem Aufwand trennen lassen würden.

Weltweit wird an Forschungseinrichtungen und in Firmen an Verfahrensprozessen für das Recycling von Kunststoffabfällen gearbeitet. Teilweise sind Patente angemeldet. Die Produkte sind aber im Vergleich zu jenen aus konventionell gefertigtem und verarbeitetem Öl bislang preislich nicht konkurrenzfähig.

6.11.1.1 Hamburger Verfahren

Unter dem Hamburger Verfahren (auch BP Chemicals Pyrolysis Process) versteht man ein Verfahren der Wirbelschichtpyrolyse zum chemischen Recycling von Kunststoffen, aber auch von Biomaterialien oder Tankrückständen. Es wurde seit den 1970er Jahren an der Universität Hamburg von den Professoren Hansjörg Sinn und Walter Kaminsky entwickelt. Ziel ist die Gewinnung von Produkten, die als Ausgangsstoffe in der chemischen oder petrochemischen Industrie eingesetzt werden können. Dabei wird der Kunststoff in einem Wirbelschichtreaktor bei Temperaturen zwischen 300 °C und 900 °C unter Sauerstoffausschluss zersetzt.

Mehrere Versuchsanlagen zur Pyrolyse vorwiegend gemischter Kunststoffabfälle sowie Reifenabfälle waren unter anderem in Deutschland und Schottland im Einsatz.

6.11.1.2 Pyrolyse bei niedrigen Temperaturen

Das im Rahmen der Forschungsarbeiten entwickelte Verfahren ist eine Abwandlung der aus der Petrochemie bekannten Alkenmetathese¹¹⁹. Dabei wird das PE mit Petrolether, einem Alkangemisch vermengt. Ein Doppel-Katalysatorsystem bewirkt in beiden Komponenten eine Wasserstoffabspaltung, bei der ungesättigte Kohlenwasserstoffe entstehen. Die Doppelbindungen in den PE-Ketten reagieren mit den Doppelbindungen in den Alkanen, so dass sich die Kettenlänge des PE reduziert. Der Prozess verläuft in mehreren Zyklen, bis das langkettige PE schließlich in kurzkettige Alkane umgewandelt ist. Ein großer Vorteil des Verfahrens liegt darin, dass sich aus den PE-Fragmenten und dem Petrolether eine niedrigviskose Lösung bildet. Auf diese Weise wird der Material- und Wärmetransport während des Prozesses erleichtert.

Neben Versuchen mit PE-Neuware wurde auch getestet, ob sich das Verfahren für gebrauchte PE-Produkte wie Verpackungsfolien, Behälter oder Tragetüten aus PE anwenden lässt. Dabei konnte gezeigt werden, dass die im Material enthaltenen Stabilisatoren wie Zinkstearat und Polyphenol das verwendete Katalysatorsystem nicht beeinträchtigen. Die Untersuchungen ergaben außerdem, dass das Verfahren für Produkte aus HDPE, LDPE und LLDPE geeignet ist.

6.11.2 Thermolyse

Die Thermolyse ist eine chemische Reaktion, bei der ein Ausgangsstoff durch Erhitzen in mehrere Produkte zersetzt wird. Im Gegensatz zur thermischen Zersetzung (=Pyrolyse) wird die Thermolyse gezielt zur Darstellung definierter Produkte oder reaktiver Zwischenstufen eingesetzt.

6.11.2.1 Beispiel: Spatrol®-Thermolyse-Verfahren (ENESPA AG) (Pilotprojekt)

Die Enespa AG, Appenzell, Schweiz, entwickelt eine Thermolyse-Anlage, die ein sogenanntes Produktöl aus gemischtem Kunststoffabfall produziert.

Pro Tonne Abfall entstehen im sogenannten Spatrol-Verfahren 700 kg Produktöl durch Raffinierung bei dem angestrebten Wirkungsgrad von 80 %. Eine Testanlage wurde zusammen mit der Technischen Hochschule in Sofia entwickelt. Die Anlage sei 2014 in der Lage gewesen, 14 Tage lang kontinuierlich zu produzieren. Ihre Kapazität beträgt 150 kg/h. Grundlage des Verfahrens ist die Pyrolyse, bei der Kunststoffabfälle bei Temperaturen von 400 bis 500 °C in Gas umgewandelt und dann zu einem Produktöl kondensiert werden, das schwefel- und wasserfrei ist, eine Qualität ähnlich wie Diesel oder Rohöl aufweist und einer Raffinierung zugeführt werden kann. Die Anlagenteile sind in modularer Form aufgebaut.

¹¹⁹ Die Alkenmetathese ist eine chemische Reaktion aus der organischen Chemie, bei der formal katalytisch die Alkylid-Gruppen zwischen zwei Olefinen ausgetauscht werden.

6.11.2.2 Thermisches Cracken

Beim thermischen Cracken handelt es sich um das einfachste und älteste Konversionsverfahren. Dabei werden Kohlenwasserstoffverbindungen unter Druck auf circa 450 bis 900 °C erhitzt. Die langen Kohlenwasserstoffmoleküle geraten in so starke Schwingungen, dass die Kohlenwasserstoffketten dabei brechen. Somit entstehen kurzkettige olefinische Kohlenwasserstoffmoleküle, aber auch höhermolekulare paraffinische Verbindungen sowie Aromate.

6.11.2.3 ReOil-Verfahren (OMV) (Pilotanlage)

Der österreichische Energiekonzern OMV hat ein Verfahren entwickelt, das Kunststoffabfälle in Rohöl zurückverwandelt.

Der Recyclingprozess beruht auf thermischem Cracken bei über 300 °C.

Durch Hitze, Druck und die Zugabe von Lösungsmitteln (zur „Verflüssigung“ der Kunststoffe) werden beim sogenannten ReOil-Verfahren Kunststoffabfälle aufgespalten und dadurch in sogenanntes synthetisches Rohöl gewandelt. Das unterscheidet sich von gewöhnlichem Rohöl nur dadurch, dass es keinen Schwefel, aber mehr Wasserstoff enthält. Das Lösungsmittel befindet sich in der Anlage in einem Kreislauf. Es wird gleich am Anfang des Prozesses mit dem Kunststoff vermischt, unterstützt hier das Erhitzen und senkt durch verbesserten Wärmeübergang die notwendige Energie. Zudem unterstützt das Lösungsmittel den Transport durch die Rohre, die reine Kunststoffmasse wäre dafür zu zäh.

Dieses synthetische Rohöl kann dann ohne zusätzlichen Aufwand in der Raffinerie weiter zu Treibstoffen oder zu Grundstoffen für die petrochemische Industrie verarbeitet werden.

Die ReOil-Pilotanlage wurde inzwischen vollständig in die OMV-Raffinerie integriert und liefert pro Stunde rund 100 Liter synthetisches Rohöl aus 100 Kilogramm Kunststoffabfällen. Bevor die Anlage ihre endgültige, industrietaugliche Kapazität erreicht, ist noch ein weiterer Skalierungsschritt geplant¹²⁰.

Das Verfahren funktioniert für Kunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen oder Polystyrol (Styropor). Damit ist es allerdings vor allem auf Verpackungen beschränkt. Kunststoff, der sich in Verbindungen mit anderen Werkstoffen befindet – bei Bauteilen von Gebäuden ist das häufig der Fall – müsste zunächst erst sauber von all seinen anderen Bestandteilen getrennt werden¹²¹.

OMV und Borealis kooperieren im Bereich der Rohöl-Rückgewinnung aus Kunststoffabfällen¹²².

¹²⁰ <https://www.noen.at/schwechat/schwechat-omv-und-borealis-kooperieren-bei-reoil-schwechat-borealis-forschung-omv-technologie-wien-oel-und-gasproduktion-146526090#>

¹²¹ <https://www.mdr.de/wissen/faszination-technik/plastik-zu-rohoel-100.html>

¹²² <https://www.borealisgroup.com/news/omv-reoil-kreislaufwirtschaftsprojekt-omv-und-borealis-erweitern-ihre-partnerschaft>

6.11.3 Lösemittelbasiertes Recycling

6.11.3.1 Beispiel: Newcycling®

Durch einen lösemittel-basierten Aufbereitungsprozess mit der Bezeichnung Newcycling® (Firma APK AG, mit Sitz in Merseburg bei Leipzig) können die einzelnen Polymertypen in Kunststoffverbunde (z. B. Mehrschichtfolien) und gemischte Kunststoffabfälle separiert werden. Das Ergebnis sind sortenreine, saubere Kunststoff-Granulate mit Neuwarencharakter.

Das Verfahren von APK eignet sich sowohl für Folien und flexible Verpackungen als auch für Rigid-Verpackungen und umfasst einen mechanischen und einen chemisch-physikalischen Aufbereitungsprozess. Das Ergebnis sind sortenreine Kunststoffgranulate und Compounds, zum Beispiel Polyethylen oder Polyamid, mit ähnlichen Eigenschaften wie Neuware.

Im Prozess werden zum Beispiel Mehrschichtfolien aus Polyethylen und Polyamid (PE und PA) auf eine Flake-Größe von circa 20 mm zerkleinert. Die Flakes werden dann in einen Lösemittelbehälter geleitet und das PE in Lösung gebracht (das PA löst sich nicht).

Nach einer gewissen Zeit wird der Inhalt des Lösemittelbehälters abgelassen und in eine Zentrifuge gepumpt. Die Zentrifuge trennt die flüssige von der festen Phase – in dem Fall das gelöste PE von dem nicht gelösten PA.

Der Feststoffstrom gelangt anschließend in die Extrusion. Das Lösemittel wird hier durch Entgasen entfernt und das PA granuliert. Der flüssige Strom – das gelöste PE mit Lösemittel – geht einen eigenen Weg. Über verschiedene Stufen wird das Lösemittel auf einen bestimmten Prozentsatz reduziert. Nach dem Entgasen wird auch das PE granuliert.

Das Lösemittel wird in einem kontinuierlichen Kreislauf gereinigt und wiederverwendet.

APK hat ihr bestehendes Recycling-Werk im Gewerbegebiet Merseburg-Süd für rund 20 Millionen Euro auf das neue Newcycling-Verfahren ausgebaut. Die Testphase ist vor rund anderthalb Jahren gestartet worden und ist erfolgreich verlaufen.

Aktuell verarbeitet APK rund 8.000 Tonnen gemischte Kunststoffabfällen und Mehrschichtverpackungen pro Jahr¹²³.

6-11-3-2 CreaSolv® Verfahren

Mit dem patentrechtlich geschützten CreaSolv® Prozess¹²⁴ arbeitet das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising, an der Trennung und Aufbereitung von gemischten Kunststoffabfällen aus dem Post-Consumer-Bereich, bei denen die derzeit verfügbaren Trenntechniken zur Entfernung von inneren Verunreinigungen (unerwünschte Additive) eingesetzt werden (wie z. B. Abtrennung von Barrierematerialien, Farb- und Füllstoffen aus PET oder der

¹²³ <https://eu-recycling.com/Archive/19092>; <https://www.focus.de/regional/sachsen-anhalt/>; <https://www.investieren-in-sachsen-anhalt.de/DieAPKAGausSachsen-AnhaltproduziertausK>; <https://www.apk-ag.de/ueber-uns/profil-und-fakten/>

¹²⁴ <https://www.creacycle.de/de/der-prozess.html>

Entfernung bromierter Flammschutzadditive aus Kunststoffen von Elektro- und Elektronikgeräten).

Unter dem Begriff Selektive Extraktion wird ein werkstoffliches Recyclingverfahren für Kunststoffe beschrieben, die aufgrund ihrer spezifischen Löslichkeit in selektiven Lösemitteln in hoher Reinheit wiedergewonnen werden können. Das besondere Potential des Verfahrens liegt in der Reinigung des Materials auf molekularer Ebene. Qualitätsbeeinflussende Störstoffe werden schonend und unter Erhalt der Polymereigenschaften entfernt.

Zusammen mit der CreaCycle GmbH, Grevenbroich, wurde das Verfahren zum CreaSolv® Prozess weiterentwickelt.

Die drei Hauptschritte dabei sind:

- Auflösen des Zielkunststoffes mit einem selektiven Lösemittel; andere Bestandteile der Abfallfraktion bleiben ungelöst,
- Abtrennen von Fremdstoffen aus der gewonnenen Polymerlösung,
- Ausfällen des Zielkunststoffes aus der gereinigten Polymerlösung.

Nach Bedarf werden die drei Hauptprozesse durch eine vorgeschaltete Zerkleinerung und Vorreinigung sowie durch eine nachgeschaltete Konfektionierung zum mechanischen Konzentrieren, Trocknen und Compoundieren erweitert¹²⁵.

Eine industrielle Demonstrationsanlage soll ab 2021 Verbundverpackungsabfälle aus Haushalten recyceln. Projektpartner sind die Lober GmbH & Co. Abfallentsorgungs KG in Neunburg vorm Wald, die LÖMI GmbH in Großostheim und das IVV.

Das Projekt startet zunächst mit dem Aufbau einer komplett verschalteten und auf den fokussierten Abfallstrom zugeschnittenen CreaSolv® Pilotanlage. Die PE- und PP-Anteile aus Folienabfällen sollen getrennt voneinander extrahiert und zurückgewonnen werden. Das finale Anlagendesign wird verfahrenstechnisch optimiert und festgelegt.

Im Anschluss daran soll die Überführung in den industriellen Maßstab (Scale-Up) zu einer kommerziell nutzbaren Demonstrationsanlage mit einer täglichen Verarbeitungskapazität von bis zu einer LKW-Ladung Verpackungsabfällen erfolgen. Nach der Inbetriebnahme sollen in der dritten Projektphase umfangreiche Tests erfolgen, die den Nachweis der Wirtschaftlichkeit und der Rohstoffeffizienz erbringen sollen¹²⁶.

In Terneuzen (Niederlande) wird 2019 von der PolyStyreneLoop Kooperative eine CreaSolv® Demonstrationsanlage mit einer Jahresleistung von 3.300 Tonnen zum Polystyrol-Recycling aus Polystyrolisolierschäum-Bauabfällen (EPS/XPS) errichtet. Dieses Verfahren ist ein Beitrag zur Kreislaufwirtschaft für Polystyrolschäumabfälle mit dem Flammschutzmittel HBCD, das heute als POP eingestuft ist. Das im abgetrennten HBCD enthaltene Brom wird zurückgewonnen und wiederverwendet¹²⁷.

¹²⁵ <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/recycling-umwelt/creasolv.html>;
<https://www.creacycle.de/de/der-prozess.html>

¹²⁶ <https://www.plastverarbeiter.de/82615/creasolv-prozess-von-fraunhofer-ivv-ist-loesung-fuer-das-verpackungsrecycling/>

¹²⁷ <https://www.handwerkundbau.at/>

6-11-3-3 Polystyvert

Das Technologie-Startup „Polystyvert“ hat in Montréal die weltweit erste Anlage für eine lösemittelbasierte Aufbereitung von expandiertem Polystyrol/Styropor (EPS), extrudiertem Polystyrol (XPS) und kompaktem Polystyrol (PS) eröffnet. Das von Polystyvert entwickelte Verfahren ist in der Lage, Verunreinigungen, aber auch Farben, Gerüche, Grafit und vor allem HBCD aus dem Alt-Styropor zu entfernen¹²⁸.

¹²⁸ <https://www.handwerkundbau.at/>

7 HEMMNISSE UND TREIBER FÜR DAS KUNSTSTOFFRECYCLING IN ÖSTERREICH AUS SICHT DER AKTEURE

7.1 Hemmnisse und Treiber, identifiziert bei Gesprächen mit österreichischen Anlagenbetreibern

Nachfolgende Themenfelder zur Stärkung des Kunststoffrecyclings stellen die in den Gesprächen mit den Betreibern angesprochenen Hemmnisse und Treiber im Hinblick auf eine Steigerung der Sortierung und des Recyclings von Kunststoffabfällen dar. Die gelisteten Punkte wurden in einem Stakeholderdialog am 25. November 2019 mit den kontaktierten Anlagenbetreibern diskutiert.

Stakeholder-Treffen mit Betreibern der Sortier- und Recyclinganlagen

Involvierte Betreiber:

- Saubermacher Dienstleistungs AG (SORTIERUNG)
- Brantner SORT4YOU GmbH (SORTIERUNG)
- Tiroler Recycling GmbH (SORTIERUNG)
- Energie AG (SORTIERUNG)
- PET to PET Recycling Österreich (RECYCLING)
- Kruschitz GmbH (RECYCLING)
- PET Recycling Team GmbH (RECYCLING)
- Walter Kunststoffe GmbH (RECYCLING)
- MGG Polymers GmbH (RECYCLING)
- KIAS Recycling GmbH (RECYCLING)
- Reststofftechnik GmbH (RECYCLING)
- RDG Plast GmbH bzw. RDG Verbund GmbH (RECYCLING)
- Bage plastics GmbH (RECYCLING)
- Ecoplast Kunststoffrecycling GmbH (RECYCLING)
- OMV Refining & Marketing GmbH (RECYCLING)

Nachfolgend werden konkrete Herausforderungen, welche seitens der Sortierer und Behandler identifiziert wurden, betrachtet und einer kurzen Analyse zugeführt. Die Aussagen fassen den Diskussionsstand zusammen, wobei nicht jede Aussage von jedem Sortierer oder Behandler angeführt wurde. Die Themenfelder wurden auch nicht abschließend diskutiert und die Ausführungen erheben keinen Anspruch auf vollständige Betrachtung.

von Betreibern identifizierte Treiber und Hemmnisse

Es wird darauf hingewiesen, dass sich die Einschätzungen auf die Situation im Jahr 2019 beziehen, das heißt vor den Änderungen bedingt durch die Corona-Krise.

7.1.1 Herausforderungen im Hinblick auf die Sortierung/Behandlung der Kunststoffabfälle

Die Ausgestaltung der Sortierung oder Behandlung von Kunststoffabfällen ist von einer Reihe von Faktoren wie zum Beispiel der Zusammensetzung der zu behandelnden Kunststoffabfälle, der technischen Umsetzung und der damit verbundenen Kostenstruktur abhängig.

Erhöhung der Sortiertiefe: Steigerung der verwertbaren Anteile nach Sortierung

Potentiale zur besseren Abtrennung von PET und Folien

Es werden große Potentiale im Hinblick auf eine zusätzliche verstärkte Ausschleusung oder Aussortierung für PET und kleine Hohlkörper sowie für kleine und große Folien gesehen, um dadurch eine Steigerung der stofflich verwertbaren Anteile zu bewirken (Steigerung der Sortiertiefe). Ein Upgrade bei den Technologien (Einsatz modernster Sortierroboter, Nachrüstung von NIR-Modulen), eine Umstellung der bestehenden Verfahrenstechniken (z. B. Mehrfachnutzung von Aggregaten oder verstärkten händischen Sortierung etwa durch geringere Geschwindigkeiten am Sortierband) sowie eine Neuinstallation von Kapazitäten wäre möglich, allerdings müssten die Kosten für eine damit verbundene Steigerung der Sortiertiefe und für die zusätzlichen Aufwendungen abgegolten werden, da dies aktuell ökonomisch nicht darstellbar ist. Die Möglichkeiten der Steigerung der Sortiertiefe würden auch durch eine höhere Diversifizierung unterschiedlicher Materialien im Rahmen der getrennten Sammlung (z. B. PET, Folien) unterstützt.

Bewusstseinssteigerung betreffend getrennte Sammlung

der sinkenden Trennmoral durch Bewusstseinsbildung entgegenwirken

Die Trennmoral der Einwohner im Rahmen der getrennten Erfassung von Abfällen nimmt in vielen Bereichen ab, dies zeigt sich auch an den Qualitäten der Inputmaterialien in die Sortieranlagen. Dahingehend kommt einer Verbesserung der Trennschärfe bei der getrennten Sammlung beziehungsweise Verbesserung der „Trennmoral“ der BürgerInnen besondere Bedeutung zu. Hierfür sind alle teilnehmenden Akteure (z. B. AWVs als Abfallsammler, Betreiber als Sortierer und Recycler, sowie Gemeinden, Öffentliche Einrichtungen als auch Produktionsbetriebe) gefordert, im Besonderen der Öffentlichkeit beziehungsweise den Mitarbeitern die entsprechenden Rahmenbedingungen und Informationen zur getrennten Erfassung von Abfallströmen zur Verfügung zu stellen beziehungsweise zukommen zu lassen. Kunststoffabfälle sind als WERTSTOFFE anzusehen, und auch so in der Öffentlichkeit darzustellen. Den Abfallberatern und den für die Kommunen zuständigen Abfallsammlern kommt dahingehend besondere Verantwortung zu. Bewusstseinsbildungskampagnen sowie Beratung sind auf allen Ebenen zu schärfen (u. a. in Schulen und anderen Bildungs- bzw. Weiterbildungsstätten), um dem Trend der sinkenden Trennmoral entgegenzuwirken. Hohe Fehlwurfraten und dadurch bedingte schlechte Qualitäten der Abfallströme führen zu höheren Aufwendungen und verursachen Kosten. Die Möglichkeit der stärkeren Vereinheitlichung der Kennzeichnungen (z. B. Behälterfarben, Logos, etc.) und Sammelkategorien (z. B. einheitliche Abfallarten je Behältnis) im Rahmen der getrennten Sammlung (z. B. auch österreichweit und über alle Systeme und AWVs hinweg) kann einen positiven Beitrag bringen.

Unerwünschte Inhaltsstoffe in Kunststoffabfällen und unerwünschte Kunststoffanteile

additive und spezifische Kunststoffe können den Recyclingprozess wesentlich stören

Der Einsatz von bestimmten Additiven (z. B. UV-Blocker, Stabilisatoren, Pigmente, Druckfarben, Polyamide, Ruß in der Neuware) und eingesetzten Begleitstoffen (z. B. Titandioxid, Acetaldehyd) beim Herstellungsverfahren der Kunststoffe wird kritisch gesehen, da diese Herausforderungen für den Recyclingprozess mit sich bringen. Darüber hinaus können schadstoffhaltige Kunststoffe (POP-haltige Fraktionen), spezifische technische Kunststoffe (z. B. CFK), biologisch abbaubare Kunststoffe, PVC-Anteile und schwarze Kunststofffraktionen technische

Probleme bei der Sortierung und beim Recycling verursachen. Technologien zur Abtrennung und Ausschleusung derartiger Materialien fehlen teils noch oder erweisen sich als sehr teuer. Aufgrund unterschiedlichster Herkunft sind die Zusammensetzungen und eingesetzten Stoffe in Kunststoffen nicht immer bekannt und verursachen im Rahmen des Recyclings Probleme. Die Möglichkeiten der Steigerung einer stofflichen Verwertung in diesem Bereich würden durch eine höhere Diversifizierung unterschiedlicher Materialien im Rahmen der getrennten Sammlung sowie durch gezieltes Ökodesign wesentlich unterstützt.

Komplexe Verbundstoffe und Materialien

Die Zusammensetzung der Verbundstoffe und Materialien schränken die Kunststoff-Sortierung und das Recycling oftmals wesentlich ein. Der Trend geht in Richtung sehr komplex aufgebauter Verpackungen und Verbundmaterialien. Es gibt bereits Verbundstoffe, die aus bis zu 12 unterschiedlichen Schichten bestehen. Viele Multi-Layer Barrierefolien für Lebensmittelverpackungen bestehen aus einer Kombination unterschiedlichster Kunststoffe (z. B. Polyethylen (PE) als Barriere für Feuchtigkeit und Polyamid 6 (PA6) als Barriere für Sauerstoff)¹²⁹. Den damit einhergehenden Vorteilen zum Beispiel im Hinblick auf die Verlängerung der Haltbarkeit des verpackten Lebensmittels beziehungsweise der Gewichtersparnis bei den Verpackungen stehen Nachteile beim Recycling gegenüber. Darüber hinaus zeigen andere Mehrcompoundverpackungen mit hoher Anwendung wesentliche Aluminium-, Papier- und Kunststoffanteile (z. B. Tetra Pak) für welche sich Recyclingprozesse schwierig gestalten. Als weiteres Problemfeld stellen sich zum Beispiel Banderolen oder „Full Sleeves“ als aufgeschrunpfte Folien („Schrumpflabels“) dar, welche die Flaschen rundherum bedecken. Mittels NIR-Technologie sind diese PET-Flaschen als solche kaum oder nicht zu erkennen. Weiter als problematisch im Bereich des Recyclings werden Holz-Kunststoff-Verbundstoffe, welche bei Feuchte quellen (Feuchte aufnehmen) und so durch den vielen Wasserdampf beim Extruder den Prozess stören. Die Möglichkeiten der Steigerung einer stofflichen Verwertung in diesem Bereich würden durch eine höhere Diversifizierung unterschiedlicher Materialien im Rahmen der getrennten Sammlung sowie durch gezieltes Ökodesign wesentlich unterstützt. Die Berücksichtigung einer recyclinggerechten Produktgestaltung und Materialzusammensetzung verbessern die Möglichkeiten eines Recyclings.

Verbundstoffe in unterschiedlichster Ausprägung erfordern recyclinggerechtes Design

¹²⁹ <https://www.recyclingmagazin.de/2018/07/24/multi-layer-verpackungen-recyclein/>

Getrennthaltung von Abfallströmen

Anforderungen an die Getrennthaltung von Abfällen können unterschiedlich bedingt sein

Aufgrund der weiteren Verwendung ist es aus rechtlicher und normativer Sicht bedeutend, bestimmte Abfallströme als getrennte Fraktionen zu behandeln. Zum Beispiel sind Nicht-Lebensmittelverpackungen (wie z. B. Putzmittelflaschen aus PET) in Form und Material sehr ähnlich den Lebensmittelverpackungen (z. B. Getränke-PET-Flaschen). Der Aussortierung der Nicht-Lebensmittelverpackungen kommt im Hinblick auf die Erfüllung der Lebensmitteltauglichkeit von Rezyklaten besondere Bedeutung zu, wobei sich diese oftmals als schwierig und mit hohem Aufwand gestaltet. Der Recyclingprozess z. B. für PET zu PET kann damit beeinträchtigt werden. Verbessertes Ökodesign unter Berücksichtigung einer recyclinggerechten Produktgestaltung (ggf. Tracing oder differenzierte Form für unterschiedliche Anwendungen) und Materialzusammensetzung verbessern die Möglichkeiten eines Recyclings in diesem Bereich.

Weitere Aspekte, die für den Bereich Sortierung/Behandlung angesprochen wurden

Umreifungsbänder (oder auch Verpackungsbänder) eignen sich optimal für die Paketverpackung und Palettenumreifung. Sie haben die Funktion, die Ware auf Paletten zu fixieren und einen sicheren Transport zu ermöglichen. Umreifungsbänder werden normalerweise mit Hilfe entsprechender Umreifungsgeräte an der Ware befestigt und geben der Lieferung damit hohe Stabilität. PP-Bänder (Polypropylen) können horizontal und vertikal an der Ware angebracht werden. Daneben werden unter anderem auch Umreifungsbänder aus PET (Polyethylenterephthalat) verwendet. Umreifungsbänder werden derzeit jedoch nicht aussortiert, da einerseits einschränkende Vorgaben und Anforderungen der Sammel- und Verwertungssysteme bestehen und andererseits, weil ein erhöhter Sortieraufwand erforderlich wäre (d.h. nur eingeschränkt über automatische Sortierung ausschleusbar und dadurch zusätzlicher Bedarf an manueller Sortierung). Derzeit werden diese Materialien über die Mischkunststoffraktion (MKF) entsorgt und in der Regel thermisch verwertet, obwohl sie auch gut für eine weitere stoffliche Verwertung geeignet wären.

Landwirtschaftlichen Folien (Agrarfolien) sind hochwertige Kunststoffe und können stofflich verwertet werden (Silofolien und Beetabdeckungen z. B. zu Säcken, Plastiktaschen sowie Bau-, Verpackungsfolien). Auf Grund der Feuchte und der Verunreinigungen (große Oberfläche) gestaltet sich der Aufwand bei der Verarbeitung von Silofolien und Beetabdeckungen generell als herausfordernd und die Verwertungsmöglichkeiten im Besonderen im Inland sind derzeit beschränkt. Durch eine verstärkte Getrenntsammlung von hochwertigen Agrarfolien sollte eine Erweiterung der Einsatzbereiche ermöglicht werden können.

Für **Getränkeverbundkartone** mit wesentlichen Aluminium-, Papier- und Kunststoffanteilen (z. B. Tetra Pak) gestaltet sich der Recyclingprozess in der Papier- oder Kartonfabrik als herausfordernd und große Mengen werden derzeit exportiert und nicht im Inland verwertet. Als Grund der Nicht-Annahme werden zu geringe Qualitäten und fehlende wirtschaftliche Anreize genannt. Kunststoff- und Alufolienreste werden im Recyclingverfahren mechanisch ausgeschieden und dienen in Zementfabriken als Ersatzbrennstoff.¹³⁰

¹³⁰ <http://www.getraenkekarton.at/recycling/>

7.1.2 Herausforderungen im Hinblick auf die Rechtssicherheit und rechtliche Rahmenbedingungen

Sowohl auf EU- wie auch auf nationaler Ebene sind umfassende rechtliche Rahmenbedingungen hinsichtlich Kunststoffabfällen gegeben. Diese zielen insbesondere auf Vorgaben für das Recycling (Mindestrecyclingquoten) und die getrennte Sammlung von Kunststoffabfällen, Vorgaben hinsichtlich der Schadstoffentfrachtung bei Kunststoffen sowie Vorgaben zur grenzüberschreitenden Verbringung von Kunststoffabfällen ab (siehe auch Kapitel 3).

Nationale Umsetzungen EC-Vorgaben/Rechtssicherheit

Insbesondere mit der Verabschiedung des Europäischen Kreislaufwirtschaftspakets¹³¹, der europäischen Kunststoffstrategie¹³² und der EU-Einwegkunststoffartikel-Richtlinie¹³³ wurden neue Anforderungen und Ziele festgelegt, die es zukünftig auf nationaler Ebene mittels unterschiedlichster Maßnahmen umzusetzen und zu erreichen gilt. Die damit verbundene Festlegung der nationalen rechtlichen Rahmenbedingungen für Sammler, Sortierer und Verwerter kann folgende Bereiche umfassen: Pfandsysteme JA/NEIN; Stärkung von Mehrweg; Anwendung der Herstellerverantwortung; Selbstverpflichtung; Hersteller versus freiwillige Vereinbarungen oder verpflichtender Rezyklatanteil.

Diesbezüglich ist der Zeitdruck für die Umsetzung rechtlicher Vorgaben sehr groß. Wesentlich sind die Rahmenbedingungen, die für Sammel- und Verwertungssysteme von Verpackungen festgelegt werden (d.h. Pfand „Ja/Nein?“; Wie wird das System umgesetzt?; Änderung in der Erfassung, Vereinheitlichung von Sammelfraktionen¹³⁴). Nur wenn diese klar definiert sind, werden Investitionen durch Anlagenbetreiber getätigt. Weiters stehen allgemeine Stoffverbote und Beseitigungsgebote dem Recycling (hinderlich) gegenüber (z. B. POP-Verordnung). Hinsichtlich der Definition von Rezyklat (Post-Consumer, Post-Industrial) sollte die Zulässigkeit für die Anrechnung zur Recyclingquote geklärt werden und es stellt sich auch die Frage, inwieweit Produktionsabfälle und In-House-Recycling für die Berechnung der Recyclingquote berücksichtigt werden dürfen. Eine Differenzierung der Begrifflichkeiten „Rohstoffliches Recycling“ und „Werkstoffliches Recycling“ ist ebenfalls notwendig.

Gemäß Europäischer Kunststoffstrategie sollen bis 2030 sämtliche Kunststoffverpackungen wiederverwendbar oder leicht, das heißt kosteneffizient rezykliert werden können. Bei der Sammlung und Sortierung von Kunststoffverpackungen reichen derzeit die Lizenzeinnahmen nicht aus, um ausreichend Massen zu erfassen und entsprechende Sortiertiefen sicherzustellen, damit die Erreichung der Quoten sichergestellt ist. Hierzu müssen Hersteller ebenfalls einen Beitrag zu den

**nationale
Umsetzung
europäischer
Rahmen-
bedingungen**

**Zeitdruck für die
rechtliche
Umsetzung und um
entsprechende
Investitionen zu
tätigen**

**Stärkung der
Erfassung bei
Sammlung und
Sortiertiefe**

¹³¹ COM(2015) 614 final

¹³² COM(2018) 28 final

¹³³ 2019/904/EU

¹³⁴ Die Outputfraktionen aus der Sortierung sind bereits vereinheitlicht (d. h. keine unterschiedlichen Qualitäten je System).

Kosten¹³⁵ leisten. Für die Erreichung der Recyclingquote von 50 % bis 2025, müssten höhere als bisher umgesetzte Sortiertiefen in den Sortieranlagen erreicht werden. Mit der bestehenden Anlagen- und Kostenstruktur in Österreich ist dies derzeit nicht möglich.

Harmonisierung der Qualitätsstandards

Möglichkeiten der Verbesserung gibt es auch bezüglich der Definition von Qualitätsstandards. Es gibt ausführliche Datenblätter für fast alle auf dem Markt verfügbaren Post-Consumer-Rezyklate, die die technischen Eigenschaften beschreiben, allerdings sind diese nicht einheitlich. Qualität und Eigenschaften der Rezyklate können daher im Einzelfall nur schwer beurteilt werden.

Pfandsystem auf Einwegkunststoffgetränkeflaschen als Instrument

Die stark diskutierte Einführung eines Pfandsystems (für Einwegkunststoffgetränkeflaschen) könnte sicherstellen, dass Quantität (Menge und gleichbleibender Lieferstrom) und Qualität (hohe Qualität) des Inputmaterials in die Anlagen ausreichend vorliegen.

Folgende zusätzliche Treiber für eine Beschleunigung der Erreichung der neuen rechtlichen Rahmenbedingungen wurden identifiziert:

- Verpflichtende Vorgaben für Rezyklatanteile in Neuprodukten;
- Ausweitung der Herstellerverantwortung auf weitere Kunststoffprodukte (z. B. CFK, GFK) und Rücknahmeverpflichtung für Nicht-Verpackungskunststoffe;
- Ausweitung der Prinzipien der SUP-RL auf andere Kunststoffprodukte;
- Umsetzung einheitlicher Vorgaben zum Abfallende im Recyclingprozess (Abfallendeverordnung): Rezyklat als Produkt.

Vereinheitlichung Sammelsysteme

unterschiedliche Sammelsysteme

Zur Sammlung von Kunststoffverpackungsabfall im Haushaltsbereich sind unterschiedliche Modelle in Österreich im Einsatz: In rund 60 % des Bundesgebiets werden Verpackungen aus Kunststoffen und Materialverbunden – gemeinsam mit Holz-, Textil- und Keramikverpackungen sowie Verpackungen auf biologischer Basis – im Gelben Sack und in der Gelben Tonne gesammelt. Im verbleibenden Bundesgebiet (Wien, Niederösterreich, Salzburg und Kärnten) erfolgt die gezielte Sammlung von Plastikflaschen teilweise in Kombination mit Metallverpackungen. In diesen Bundesländern konzentriert sich die getrennte Sammlung im Einvernehmen mit den Gebietskörperschaften auf stofflich verwertbare Kunststoffverpackungen. Andere Leichtverpackungen werden in diesen Regionen über den Restmüll entsorgt und energetisch genutzt.

unterschiedliche Qualität bei Hol- und Bringsystem

Problematisch im Besonderen sind die bestehenden regionalen Unterschiede in den Sammelsystemen, zum Beispiel in Gemeinde A nur Bring-System (= Recyclinghöfe) und in Stadt B nur Hol-System (= Sammeltonnen bei den Haushalten).

¹³⁵ Gemäß EU-Verpackungsrichtlinie (EU) 2018/852 müssen Mitgliedstaaten geeignete Maßnahmen treffen, um darauf hinzuwirken, dass der Anteil an wiederverwendbaren Verpackungen, die in Verkehr gebracht werden, und die Wiederverwendung von Verpackungen steigen. Solche Maßnahmen können u. a. Anreize wie differenzierte finanzielle Beiträge für wiederverwendbare Verpackungen im Rahmen von Regimen der erweiterten Herstellerverantwortung für Verpackungen umfassen. Gemäß EU-Abfallrahmenrichtlinie (Artikel 3 (21)) sind diese wie folgt definiert: „Regime der erweiterten Herstellerverantwortung“ ist ein Bündel von Maßnahmen, die von Mitgliedstaaten getroffen werden, um sicherzustellen, dass die Hersteller der Erzeugnisse die finanzielle Verantwortung oder die finanzielle und organisatorische Verantwortung für die Bewirtschaftung in der Abfallphase des Produktlebenszyklus übernehmen.“

Dadurch ergeben sich unterschiedliche und heterogene Inputqualitäten und schwankende Materialzusammensetzung. Der Reinheitsgrad wird grundsätzlich bei der Holsammlung als besser eingeschätzt als bei öffentlichen Sammelinseln. Weiters kann die Sammlung durch die Art der Verrechnung pro Haushalt beeinflusst werden.

Eine harmonisierte getrennte Sammlung der Abfälle über das gesamte Bundesgebiet würde hierbei zu einer Steigerung der Quantität und Qualität der Kunststoffabfälle führen. Des Weiteren sollte in diesem Zusammenhang eine getrennte Sammlung über eine Sammeltonne für alle Kunststoffarten (d. h. eine Kunststoff-Wertstofftonne auch für bisher nicht getrennt gesammelte Kunststoffabfälle, wie z. B. Spielzeug, Rohre) angedacht werden. Technisch wären die Sortierung und das Recycling dieser Kunststoffabfallfraktionen machbar. Bei der Vereinheitlichung von Sammelsystemen sollte auch die Unterscheidung hinsichtlich eines nachfolgenden rohstofflichen Recyclings oder eines werkstofflichen Recyclings Berücksichtigung finden.

Lizenzgebühren/Tarifgestaltung

Gemäß Verpackungsverordnung müssen sich zur Erfüllung der Rücknahme- und Verwertungspflichten Importeure, Abpacker und Vertrieber (aller Handelsstufen) eines Dritten (flächendeckendes Sammel- und Verwertungssystem) bedienen¹³⁶. Zu diesem Zweck schließen Importeure, Abpacker und Vertrieber eine Entpflichtungs- und Lizenzvereinbarung mit einem System ab und entrichten das entsprechende Entpflichtungsentgelt. Die Systeme in Österreich organisieren und finanzieren die Sammlung, Sortierung und Verwertung von Verpackungsabfällen.

Bei der Sammlung und Sortierung von Kunststoffverpackungen reichen derzeit die Lizenzeinnahmen derzeit nicht aus, diese derart durchzuführen, dass die Erreichung der neuen, zukünftigen Quoten sichergestellt ist. Hierzu müssen die Hersteller ebenfalls einen Beitrag zu den Kosten¹³⁷ leisten. Die Gemeinden und Abfallverbände erbringen derzeit schon eine Zuzahlung für die Sortierung der lizenzierten Kunststoffverpackungsabfälle. Bezüglich Lizenzierung herrscht ein

**Überlegungen
bezüglich einer
Sammeltonne für
verwertbare
Kunststoffarten**

**Entpflichtung und
Lizenzierung von
Verpackungen über
Sammel- und
Verwertungs-
systeme**

**Lizenzgebühren
decken die
notwendige
Behandlung derzeit
nicht und bedürfen
einer Neugestaltung**

¹³⁶ Für Haushaltsverpackungen besteht eine Pflicht zur Teilnahme an einem zugelassen Sammel- und Verwertungssystem. Das bedeutet, dass man einen Vertrag mit einem solchen System abschließen und Lizenzgebühren entrichten muss (ein bestimmter Betrag pro kg Verpackungsmaterial). Für gewerbliche Verpackungen gibt es keine Verpflichtung zur Teilnahme, aber es gibt eine 100 %- Rücknahmeverpflichtung für die Verpackungen und Meldeverpflichtungen. Eigenimporteure müssen die Verpackungen einem Sammler und Verwerter mit Auftrag zu Verwertung übergeben, aber auch Meldungen abgeben. Für Unternehmen, die pro Jahr nicht mehr als 1.500 kg Haushaltsverpackungen und nicht mehr als 1.500 kg gewerbliche Verpackungen in Verkehr setzen, bieten die Systeme eine sog. Pauschallizenzierung an.

¹³⁷ Gemäß EU-Verpackungsrichtlinie (EU) 2018/852 müssen Mitgliedstaaten geeignete Maßnahmen treffen, um darauf hinzuwirken, dass der Anteil an wiederverwendbaren Verpackungen, die in Verkehr gebracht werden und die Wiederverwendung von Verpackungen steigen. Solche Maßnahmen können u. a. Anreize wie differenzierte finanzielle Beiträge für wiederverwendbare Verpackungen im Rahmen von Regimen der erweiterten Herstellerverantwortung für Verpackungen umfassen. Gemäß EU-Abfallrahmenrichtlinie (Artikel 3 Nr. 21) sind diese wie folgt definiert: „Regime der erweiterten Herstellerverantwortung‘ ist ein Bündel von Maßnahmen, die von Mitgliedstaaten getroffen werden, um sicherzustellen, dass die Hersteller der Erzeugnisse die finanzielle Verantwortung oder die finanzielle und organisatorische Verantwortung für die Bewirtschaftung in der Abfallphase des Produktlebenszyklus übernehmen.“

unbefriedigender Wettbewerbsdruck. Die sinkende Lizenzentnahmen wirken sich negativ auf die Verwertung aus. Demnach sollten die Lizenzgebühren der Sammel- und Verwertungssysteme derart gestaltet sein, dass sie die Recyclingfähigkeit von Kunststoffverpackungen widerspiegeln.

**gestaffelte
Lizenzgebühren als
Instrument**

Dahingehend sollten die Möglichkeiten einer gestaffelten Lizenzgebühr in Abhängigkeit von der Rezyklierbarkeit der unterschiedlichen Verpackungen (auch hinsichtlich Monolayer/Multilayer) diskutiert werden. Mittels steuerlicher Regelung wäre ein Lenkungseffekt erzielbar, das heißt höhere Steuern für Primärmaterialien, verminderte Steuersätze für Rezyklate. Die Festlegung eines gesetzlich verpflichtenden Rezyklateinsatzes bei neuen Produkten würde diesen Aspekt zusätzlich unterstützen.

Design-4-Recycling

**Recyclingfähigkeit
beim Produktdesign
berücksichtigen**

Das Recycling von Kunststoffen beginnt nicht mit der Sammlung, sondern mit der Gestaltung der Produkte für die Produktion. Recyclingprozesse werden sehr häufig durch nicht trennbare Polymerverbundstoffe, die Verwendung von Additiven oder die Kombination von Kunststoffen mit anderen Materialien (Papier, Metall, Fasern) in der Weise behindert, dass keine einfache Trennung beziehungsweise Ausschleusung nicht recyclingfähiger Anteile ermöglicht wird. Die Herausforderungen beim Produktdesign bestehen darin, den Aspekt der Wiederverwertbarkeit und Recyclingfähigkeit miteinzubeziehen und zu einer Anforderung zu machen, die ergänzend zu den Leistungskriterien, wie zum Beispiel Produktsicherheit, Haltbarkeit, Marketing und Markenbildung Berücksichtigung findet. Nur mit dem Zusammenspiel aller betroffenen Akteure entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von den Produzenten über die Inverkehrbringer bis hin zu den Recyclern kann es gelingen, Produkte und Verpackungen umweltfreundlicher zu gestalten und Nachhaltigkeit zu fördern. Ein Informationsaustausch zwischen Herstellern und Recyclern ist einzufordern und sicherzustellen. Ein verstärktes Marketing für Produkte aus Recyclingkunststoff soll zusätzlich den Markt für recyclingfähige Produkte stärken. Zusätzlich wird durch entsprechendes Marketing das Bewusstsein der KonsumentInnen für einen verpflichtenden Rezyklatanteil in unterschiedlichen Produktgruppen (wie z. B. künftig bereits für PET-Getränkeflaschen erforderlich) erhöht. Best-Practice Beispiele (wie z. B. PET-Recycling) müssen genutzt und auf andere Kunststoffarten übertragen werden.

**unbekannte
Inhaltsstoffe und
spezifische Additive
können Probleme
beim Recycling
verursachen**

Verbundkunststoffe und verwendete Additive können Probleme beim Recycling verursachen. Es zeigt sich ein Trend zu sehr komplex aufgebauten Verpackungen (z. B. Multilayer aus unterschiedlichen Kunststoffmaterialien, oder kleine Applikationen). Zum Beispiel wird der Einsatz von TiO₂ (weiß) kritisch betrachtet, da krebserregend. Darüber hinaus können Additive wie Stabilisatoren, Pigmente, Druckfarben, Polyamide oder Ruß in der Neeware Probleme im Recyclingprozess verursachen. Zusätzlich ist dahingehend zu berücksichtigen, dass die verwendeten Inhaltsstoffe nicht immer bekannt sind, da zum Beispiel Folien international erzeugt und nach Österreich importiert werden.

**Verwendung von
Multilayern und
unterschiedlichster
Kunststoffarten
erschwert
Separierung**

Das Design von Verpackungen und Produkten sollte die technischen Bedingungen der Sortierung und des Recyclings stärker berücksichtigen. Beispielsweise berücksichtigt das Getränkeflaschen-Design das Recycling bisher gar nicht oder nur unzureichend. Hier sollten die Anforderungen an die Rezyklierbarkeit stärker miteinbezogen werden, das heißt Etiketten sollten aus dem selbem Material wie die Flasche hergestellt werden und nicht wie derzeit üblich eine PET-Flasche mit

Etikett aus PVC. So werden die PET-Flaschen als solche oft nicht oder nur teilweise erkannt, wenn die NIR-Technologie zur Identifikation der Materialien bei Banderolen¹³⁸ eingesetzt wird. Weitere Herausforderungen durch unterschiedliches Design ergeben sich bei Verwendung von Multilayern oder Beschichtungen: zum Beispiel werden aufgrund der Haltbarkeit bis zu sieben Polyamid-Schichten in Bierflaschen verwendet (unterschiedliche Materialien für unterschiedliche Barrieren, z. B. gegen Sauerstoff, Temperatur, Feuchte). Demgegenüber ist jedoch zu beachten, dass der Einsatz von PET bunt bei Flaschenverschlüssen problematisch wäre, da eine Separierung von PET bunt und PET klar bei der Sink-Schwimm-Trennung nicht mehr gegeben wäre (im Besonderen für farbliche PET-Chargen bedeutend). Diese Beispiele zeigen, dass das Design unter Berücksichtigung der Recyclingfähigkeit und der jeweilig nachfolgenden Anwendungsgebiete (z. B. Lebensmittelbereich oder Nicht-Lebensmittelbereich) auf das jeweilige Produkt anzupassen ist.

Die Kundenanforderungen sind in der Regel für die Herstellung von Produkten entscheidend. Im Rezyklat finden sich trotz intensiver Wäsche und Aufschmelzung, Homogenisierung und Filtration nach dem Extrudieren Einschlüsse und Farbflecken. Die Einschlüsse beeinträchtigen die Festigkeit der aus Rezyklaten hergestellten Produkte. Demnach können zum Beispiel Folien aus Rezyklat nicht in derart dünner Wandstärke hergestellt werden, wie solche aus Neuware. Der Produzent besteht aber auf eine Qualität wie bei Neuware, damit der Endverbraucher „schöne“ Ware in identer Qualität erhält. Die hohen Produkthanforderungen (z. B. für Folierung von verpackten Waren) können oftmals nicht von Produkten aus Rezyklat erfüllt werden. Es ist daher für bestimmte Anwendungsgebiete zu hinterfragen, ob die Produkthanforderungen derart hoch sein müssen. Der Markt für aus Rezyklaten hergestellte Produkte wird dadurch bedeutend eingeschränkt.

Produkte aus Rezyklaten müssen den Anforderungen von Produkten aus Neuware entsprechen

Verfahrenszulassung für Lebensmitteltauglichkeit

Die Verfahrenszulassungen für die Bewertung der Lebensmitteltauglichkeit von hergestellten Rezyklaten und damit verbundener Prozesse erfolgen durch die European Food Safety Association (EFSA)¹³⁹ und somit auf europäischer Ebene und nicht mehr im nationalen Bereich. Folgende wesentliche Elemente sind im Ablauf dabei von Bedeutung (Auszug): 1. Die Grundlagen für die Zulassung für die Verfahren sind vorhanden (Nennung und Übermittlung an das zuständige Bundesministerium); 2. Die Nationale Behörde prüft diese Grundlagen (Kontrolle); 3. Die Kontrolle und Veröffentlichung durch die EFSA. Seit die Verfahren der abschließenden Verfahrenszulassung für die Lebensmitteltauglichkeit auf die europäische Ebene gehoben wurden und eine Veröffentlichung von der EFSA erfolgt, sind mehrere Veröffentlichungen ausständig. Dies bringt für die betroffenen Betreiber Rechtsunsicherheit, das heißt es gibt derzeit zwar anwendungsspezifische Verfahren zur Rezyklatherstellung, die den Anforderungen für Lebensmittelkontakt nach Beantragung voraussichtlich genügen, jedoch nicht abschließend zugelassen sind. Grundsätzlich dauert der gesamte Zulassungsprozess sehr lange und es sollten Möglichkeiten zur Beschleunigung evaluiert wer-

ausständige Verfahrenszulassungen für die Lebensmitteltauglichkeit von hergestellten Rezyklaten und damit verbundener Prozesse durch die EFSA

¹³⁸ aufgeschrumpfte Folien („Schrumpflabels“), welche die Flaschen rundherum bedecken

¹³⁹ Siehe auch Info bei der EFSA: <https://www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/food-contact-materials>

den. Darüber hinaus existieren in den EU-Mitgliedsstaaten unterschiedliche nationale Regelungen hinsichtlich der Bewertung und Prüfung der Zulassung von Rezyklaten zum Einsatz im Lebensmittelbereich (Lebensmitteltauglichkeit). Eine Harmonisierung dahingehend sollte angestrebt werden, um einheitliche Marktvoraussetzungen zu garantieren.

7.1.3 Herausforderungen im Hinblick auf die Marktsituation/Marktsteuerung

steigende Mengen an Kunststoff- abfällen und Entwicklung zum Nachfragemarkt

Der Markt für Kunststoffabfälle ist weltweit im Umbruch und hat sich von einem Anbietermarkt zu einem Nachfragemarkt gewandelt, wodurch sich für Kunststoffsammler, -sortierer und -recycler neue Herausforderungen ergeben. Gemäß Marktprognosen wird das Aufkommen an Kunststoffabfällen in den kommenden Jahren kontinuierlich ansteigen. Gleichzeitig wird eine Verschiebung der Verwertungswege der Kunststoffe von der energetischen Verwertung zur stofflichen Verwertung angestrebt. Wesentlicher Marktimpuls hierfür ist die europäische Abfallrahmenrichtlinie und die im Jahr 2018 veröffentlichte EU-Strategie für Kunststoffe: Danach sollen alle Kunststoffverpackungen auf dem EU-Markt bis 2030 recycelbar sein. Weiters spielt auch das weitgehende Verbot der Einfuhr von Kunststoffabfällen nach China¹⁴⁰ eine wesentliche Rolle.

¹⁴⁰ Betroffen von den chinesischen Importverboten sind 24 Abfallarten zu denen insbesondere die Kunststoffabfälle gehören. In Fortführung ihrer Green Fence Politik hatte die chinesische Regierung schon in den letzten Jahren die Einfuhrbedingungen und Überwachungen immer weiter verschärft. Nun reagierten die Behörden mit weiteren Restriktionen und Verboten darauf, da die zugesagten Qualitäten in den letzten Jahren kaum noch eingehalten wurden. China war der wichtigste Absatzmarkt für Kunststoffabfälle, vor allem für Folienabfälle und für Kunststoffe aus der E-Schrottaufbereitung.

Es ist daher davon auszugehen, dass der Bedarf an Kunststoffsortier- und -recyclinganlagen¹⁴¹ in den nächsten Jahren in Europa deutlich wachsen und zu einem Kapazitätsausbau bei den Verwertungsanlagen führen wird. Dazu wird einerseits in zusätzliche Kapazitäten investiert und andererseits die Technologie verbessert, um Kunststoffrezyklate hoher Qualität herzustellen. Weiteres muss das Kunststoffrecycling entlang der gesamten Wertschöpfungskette verbessert werden. Dies beginnt beim Produktkonzept, dem Design und der Stoff- und Materialauswahl und reicht bis zur zentralen Herausforderung für einen stärkeren Einsatz der recycelten Materialien in der produzierenden Industrie. Dafür muss ein Markt für Rezyklate geschaffen werden.

Zunahme an Kapazitäten

Darüber hinaus bedarf es einer Investitionssicherheit für die zumeist mittelständischen Unternehmen der Kunststoffrecyclingbranche. Investitionen für entsprechende Anlagen lohnen sich für die Unternehmen nur, wenn die Recyclingrohstoffe einen entsprechenden Absatzmarkt finden. Zusätzlich besteht die Notwendigkeit, Kunststoffmaterialien nach Gebrauch besser zu sammeln und aufzubereiten. Dazu ist eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit nötig, die Sinn und Zweck der Sammlung und des Recyclings noch besser verdeutlicht.

Stärkung des Absatzmarktes

Preise für das Input-Material für Kunststoffrecyclinganlagen sind aufgrund der Nachfrage bis Ende des Jahres 2019 gestiegen. Viele Betreiber von Sortier- und Recyclinganlagen beklagen die Verfügbarkeit entsprechender Qualitäten am Markt. Diesbezüglich problematisch ist der teilweise hohe Feuchtigkeitsgehalt der Kunststoffe. Stark verschmutzte Folien oder vermischte Kunststoffabfälle, die keine Abnehmer zum Recycling finden, werden zu Ersatzbrennstoffen aufbereitet oder gelangen in die Müllverbrennung, womit die Stoffeigenschaft verloren geht.

Problem der Verfügbarkeit von Kunststoffabfällen ausreichender Qualität

In Anbetracht des anhaltenden Trends der kunststoffverarbeitenden Industrie zu höheren Qualitäten, sind die Aufbereiter und Recycler auf eine gute Inputqualität angewiesen. Große Nachfrage der produzierenden Industrie gibt es nach qualitativ hochwertigen Mahlgütern und Regranulaten aus PET, HDPE, PP und PS.

Fehlende Inputmengen bei den Anlagen/Fehlende Materialien durch Exporte

Die Mengen an Kunststoffabfällen, die für das Recycling zur Verfügung stehen, sind von unterschiedlichen systembedingten und marktwirtschaftlichen Faktoren abhängig. Relevante Mengen an Kunststoffabfällen stehen als Inputmengen für bestimmte Anlagen am österreichischen Markt derzeit nicht zur Verfügung, wodurch Anlagenkapazitäten nicht vollständig ausgelastet werden können. Die fehlenden Inputmengen durch z.B. Exporte für österreichische Behandlungsanlagen beeinträchtigen sektoral die Wirtschaftlichkeit und damit das erreichte Ausmaß des Recyclings.

Abfluss von Materialien durch Exporte und Konkurrenz zur thermischen Behandlung

Eine Verpflichtung zum Recycling von sortenrein vorliegenden Produktionsabfällen auf der einen Seite, aber auch eine Erhöhung der getrennten Erfassung von Kunststoffabfällen auf der anderen Seite, würden zusätzliche Mengenströme zum Recycling generieren. Als Beispiele wurden hier Altkunststofffenster in gemischten Baustellenabfällen genannt, welche durch eine getrennte Erfassung verstärkt

Stärkung der getrennten Erfassung und Steigerung der Sortiertiefe

¹⁴¹ 2015 waren in Europa fast 1.200 Kunststoffsortier- und Recyclinganlagen in Betrieb. (Quelle: https://www.ecoprog.de/fileadmin/user_upload/leseproben/leseprobe_marketstudie_kunststoffrecycling_Europa_ecoprog.pdf)

einem Recycling zugänglich gemacht werden können. Die flächendeckende Einführung einer „Kunststoff-Wertstofftonne“ stellt generell eine Möglichkeit dar, um die Sammelmengen zu erhöhen und zusätzliche Mengenströme zum Recycling zu generieren. Auch die Verbesserung der Sortiertechnik, vor allem hinsichtlich der Steigerung der Sortiertiefe zum Beispiel mithilfe der Anwendung von Markern, das heißt nicht nur eine materialspezifische, sondern auch eine anwendungsspezifische Sortierung, kann zusätzliche Mengen generieren.

Herausforderungen bei Abfallverbringungen

Importe und Exporte von Kunststoffabfällen sind mit hohem administrativem Aufwand verbunden

Die Verbringung von Abfällen ist auf EU-Ebene in Umsetzung der Basler Konvention und der OECD-Beschlüsse über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen zur Verwertung einheitlich durch die Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 über die Verbringung von Abfällen (im Folgenden EG-Verbringungsverordnung)¹⁴² geregelt. Sie gilt unmittelbar und bedarf keiner Umsetzungsmaßnahmen in nationales Recht. Im AWG 2002 finden sich dazu jedoch Ausführungsbestimmungen. Zusammenfassend wurde seitens der Anlagenbetreiber angeführt, dass sich die Verbringung von Kunststoffabfällen, sowohl Importe und Exporte nach und aus Österreich (hier vor allem betreffend der Verbringung zwischen EU-Mitgliedsstaaten), in der Praxis als kompliziert und aufwendig gestaltet und damit einen hohen administrativen Aufwand erfordern.

Im Bereich der Verbringung von Kunststoffabfällen geben die Änderungen des Basler Übereinkommens der Vereinten Nationen über die Verbringung gefährlicher Stoffe, die Anfang Mai 2019 verabschiedet wurden, die zusätzliche Anforderung an Exporteure unsortierter oder kontaminierter Kunststoffabfälle ab Ende 2020 vor, eine Einwilligung der Behörden des Empfangslandes einzuholen. Bisher konnten „unsortierten Kunststoffabfällen zum Recycling“ als „Grüne Liste-Abfälle“ ohne Behördennotifizierung¹⁴³ exportiert werden.

unterschiedliche Rechtslagen in den EU-Mitgliedsstaaten

Trotz einer einheitlichen Regelung durch die EG-Verbringungsverordnung, gestaltet sich die Abwicklung von Abfallverbringungen innerhalb der EU als kompliziert, da es unterschiedliche nationale Rechtslagen gibt, zum Beispiel im Hinblick auf Spezialthemen wie zulässige Flammhemmergehalte. Weiters gelten für die unterschiedlichen Kunststoffabfälle in Österreich, nationale Bedingungen für die Einstufung in die „Grüne Abfallliste“, gemäß den Leitlinien zur Abfallverbringung des Bundes-Abfallwirtschaftsplans. Es sind zulässige Toleranzwerte für die Einstufung festgelegt und es gilt, dass die zulässigen Verunreinigungen mit anderen Abfällen der Grünen Liste maximal 10 % (Masse) betragen dürfen. Für nicht spezifisch angeführte Abfallarten der „Grünen Liste“ (Anhang III, IIIA und IIIB) darf der Anteil an anderen Abfällen der „Grünen Liste“ max. 10 % betragen. Durch diese Verunreinigung darf die umweltgerechte Verwertung der betreffenden Abfälle nicht verhindert werden. Ein höherer Prozentsatz an Verunreinigungen mit anderen Abfällen der „Grünen Liste“ bedingt in Österreich stets die Notifizierungspflicht. Diesbezüglich ist jedoch keine einheitlich europaweite Regelung vorhanden und wird in den EU-Mitgliedsländern daher unterschiedlich vollzogen.

¹⁴² idF. der Verordnung (EU) Nr. 660/2014

¹⁴³ Bezüglich der Notifizierungspflicht für die Verbringung von Kunststoffabfällen zur Verwertung – abgesehen vom Bestimmungsland und anzuwendenden Ausnahmen – ist wesentlich, wie der einzelne Kunststoffabfall einzustufen ist, d.h. ob er unter die „Grüne“ bzw. „Gelbe Liste“ fällt oder einen nicht gelisteten Abfall darstellt.

Dahingehend würde die Vereinheitlichung der Rechtslage in den EU-Mitgliedsstaaten bezüglich national unterschiedlicher Regelungen im Hinblick auf die Abfallverbringung maßgeblich dazu beitragen, die Rechtssicherheit für die verschiedenen Akteure am Kunststoffrecyclingmarkt zu erhöhen.

Qualität importierter Kunststoffabfälle

Im Jahr 2015 wurden insgesamt rund 149.500 t „reine“ Kunststoffabfälle aus dem Ausland in österreichische Behandlungsanlagen eingebracht, mehr als 70 % davon in Form von Kunststoffballagen und Behältnissen, Kunststofffolien und Polyethylenterephthalat (als z. B. PET-Getränkeflaschen). Die Qualität importierter Kunststoffabfälle unterliegt deutlichen Schwankungen und ist nicht durch EU-weite einheitliche Standards geregelt. Oftmals sind keine oder nur unzureichende Informationen bezüglich der Zusammensetzung der vorsortierten importierten Kunststoffabfälle verfügbar (z. B. Altreifen). Es zeigt sich in der Praxis – bei Anlieferung vor Ort – häufig eine schlechtere Qualität als die ursprünglich vom Exporteur (Verkäufer) angebotene. Urgenzen führen zwar zu Nachverhandlungen und Preisabschlüssen, lösen aber das Problem der geringen Qualität nicht.

Die Qualitäten sind je EU-Mitgliedsland mittels unterschiedlich differenzierter Spezifikation je Fraktion definiert. Europaweit einheitliche (produktspezifische) Standards würden Transparenz bringen und den Markt stärken.

starke Schwankungen in den Qualitäten unterschiedlicher Herkunft

Ruf nach einheitlichen Standards

Preisgestaltung

Hinsichtlich der Preise für Inputmaterial und Rezyklate unterliegt der Markt ständigen Schwankungen. Wesentliche Faktoren für die Preisgestaltung sind die Kosten, die für Inputmaterialien anfallen, die Kosten der Aufbereitung in der Anlage selbst und der vorhandene Absatzmarkt für Granulate, Flakes oder Mahlgüter. Grundsätzlich gilt, dass Qualität und Preis stets voneinander abhängen: Rezyklate kosten weniger, wenn die Qualität niedrig ist. Zur Erzeugung von höherwertigen Rezyklaten sind zusätzliche Prozessschritte notwendig, die wiederum zu höheren Preisen führen. Hochwertige Post-Consumer-Rezyklate sind daher in Abhängigkeit der Rohstoffpreise oft teurer als Neuware. Der Recyclingrohstoff unterliegt im Einkauf einem deutlichen preislichen Abschlag gegenüber der Neuware, ansonsten ist die Abnahme durch die Käufer nicht gegeben. Zusätzlich hat der Einsatz von recyceltem Material bei der Herstellung von Produkten in vielen Bereichen noch ein schlechtes Image, beim Konsumenten kommt es dadurch zum Wettbewerbsnachteil. Marktwirtschaftliches Ziel muss es sein, dass die Nachfrage nach Rezyklaten höher ist als nach Neuware. In der Praxis ist es diesbezüglich grundsätzlich ein Zusammenspiel von Preis und Technik, das heißt der Markt erwartet, dass Recyclingware billiger sein muss, obwohl gleichwertige Qualität vorhanden ist. Die Nachfrage an Recyclingmaterial ist über die Jahre im Allgemeinen konstant geblieben. Allerdings bilanzieren Angebot und Nachfrage nicht immer ausgewogen, dies unterliegt Schwankungen.

hochwertige Rezyklate oftmals teurer als Neuware

Durch den künftig verpflichtenden Anteil von Rezyklaten bei PET-Flaschen wird gegenüber der Neuware ein deutlich höherer Preis (20 % mehr als Neuware) erzielt. Weiters können hohe Qualitäten des Inputmaterials ein Treiber für mehr Recycling sein. Wesentlich bei der Preisgestaltung wären die Besteuerung des Primärmaterials aus fossilen Ressourcen und verminderte Steuersätze beim Einsatz von Rezyklaten.

verpflichtende Rezyklatanteile oder Besteuerung der Primäranteile aus fossilen Ressourcen als Instrumente

Stärkung Absatzmarkt

Stärkung des Absatzmarktes als Schlüsselfunktion um Recycling zu forcieren

Nach Auskunft mehrerer Betreiber wird der Rezyklateinsatz in bestimmten Bereichen vor allem durch rechtliche Vorgaben und hohe Anforderungen seitens der Produzenten zunehmend ausgeschlossen, demnach bedarf es einer Stärkung der Herstellung und Verwendung von Rezyklaten und deren Anwendungsbereichen. Mögliche Verbesserungen können sich zum Beispiel durch politische Anreize, durch finanzielle Förderung, der Stärkung der Öffentlichen Beschaffung (Beschaffungs-Richtlinien, Umweltzeichen), Festlegung des Abfallendes und durch Lenkungsmaßnahmen zum Sekundärrohstoffeinsatz ergeben. Der Stärkung des Absatzmarktes kommt eine bedeutende Schlüsselfunktion zu, da der vermehrte Einsatz von Rezyklaten direkten Einfluss auf andere Problempunkte des Kunststoffrecyclings hat (z. B. Kostendruck, fehlende Akzeptanz bei Kunden und Konsumenten), die sich dadurch lösen lassen oder überhaupt nicht oder nur vermindert auftreten würden.

geringerer Preis und Grünes Image von Rezyklaten bedeutend

Für Produzenten von Produkten sind unter anderem zwei Gründe für den Einsatz von Recyclingmaterial maßgeblich: der Preis für das Rezyklat, welches Neuware ersetzt und das Grüne Image des hergestellten Produkts, welches für Marketingzwecke dienlich ist. Weiters bedarf es der Sicherstellung einer gleichbleibenden hohen Qualität des Rezyklats bei gleichzeitiger garantierter verfügbarer Mindestmenge. Diesbezüglich werden Mindestmengengarantien für Granulate seitens der Kunden gefordert, dem gegenüber stehen allerdings schwankende Inputmengen in die Recyclinganlagen.

Hemmnis durch hohe Produktanforderungen

Rechtliche Vorgaben (wie z. B. REACH, Normen, Spezifikationen, Lebensmitteltauglichkeit, Anforderungen an Spielzeug, geforderte gleichbleibende Qualität) und zu hohe Anforderung seitens der Kunden (z. B. Produkthanforderungen/-normen) hemmen beziehungsweise verhindern den Rezyklateinsatz in bestimmten Bereichen zunehmend. Die Verwertungspfade für Post-Industrielle-Kunststoffabfälle (=Markt für technische Kunststoffe) sind größtenteils gut etabliert, für Rezyklate aus dem Post-Consumer-Bereich (v. a. für Kunststoffabfälle mit hohen Rotationszyklen) sind diese jedoch noch zu stärken. Zum Beispiel ist der Rezyklateinsatz für Anwendungen im Bereich von Lebensmittelverpackungen vor allem begrenzt durch den Geruch und die Farbgebung bei der Verpackungsgestaltung (z. B. Anforderung an die transparente Farbgebung). Eine weitere Möglichkeit, die Einsatzbereiche zu stärken, stellt die Festlegung des Abfallendes für bestimmte Qualitäten und Anwendungsgebiete dar. Dies ist aus marktwirtschaftlicher Sicht sehr wichtig, da es für Produzenten einen Unterschied macht, ob Rezyklate (z. B. Mahlgüter, Flakes, Granulate) als ein Produkt oder als Abfall erworben werden.

verpflichtender Rezyklateinsatz, öffentliche Beschaffung und Ökodesign als Instrumente

Wesentliche Treiber zur Sicherstellung, dass Rezyklate am Markt abgenommen werden, können neben der Festlegung eines verbindlichen Rezyklat-Einsatzes für bestimmte Produkte unter anderem Beschaffungsrichtlinien (EU-weit: z. B. für große Konzerne; im öffentlichen Bereich: Stärkung GPP¹⁴⁴) sein. Die freiwillige Selbstverpflichtung der Hersteller für den Rezyklateinsatz (z. B. REWINDO Fensterhersteller) kann ebenfalls einen Treiber darstellen. Darüber hinaus ist das Pro-

¹⁴⁴ Der Öffentlichen Hand als Beschafferin beim Materialeinkauf in Bund, Ländern und Gemeinden kommt dabei eine wichtige Rolle zu. Sie kann die bereits geltenden Regelungen des Green-Public-Procurement, der umweltfreundlichen Beschaffung, sofort umsetzen.

duktdesign bedeutend, um zum Beispiel die Anforderungen an die Rezyklierbarkeit von Kunststoffabfällen (insbesondere Verpackungen) einheitlich festzulegen, ohne dass diesbezüglich unangemessene Kosten für die Aufbereitung beziehungsweise das Recycling verursacht werden.

Weitere Aspekte, die für den Bereich Marktsituation/Marktsteuerung angesprochen wurden

Eine zentrale Aufgabe der Verpackungskoordinierungsstelle (VKS) ist die Führung eines **Registers über Anfallstellen gewerblicher Verpackungen** (Anfallstellenregister – kurz: ASR) und die dazu notwendige Schließung von Vereinbarungen mit Betreibern von Anfallstellen gewerblicher Verpackungen über die Zurverfügungstellung der erforderlichen Daten gemäß § 30a (2) AWG 2002. Das Anfallstellenregister stellt den Entsorgungsunternehmen über einen automatischen Datenaustausch jene verrechnungsrelevanten Informationen bereit, die der Anfallstellenbetreiber für seine Anfallstellen eingetragen hat. Im Wesentlichen ist dies der Lizenzierungsgrad je Sammelkategorie (z. B. für Papier/Pappe/ Karton, Kunststoffe, Metalle und Holz). Die Anzahl der Anfallstellen im Anfallstellenregister ist seit der Übernahme der Registrierung durch die VKS deutlich reduziert. Die Betreiber der Anfallstellen können nur schwer motiviert werden sich im System zu registrieren (fehlende Anreize), beziehungsweise auch nur die Registrierung zu bestätigen (diese Bestätigung wurde von der VKS in der Vergangenheit eingefordert). Wenn die Anfallstelle nicht im System (CONDAT¹⁴⁵) registriert ist, können die angefallenen Massen auch nicht eingemeldet werden und somit ist anzunehmen, dass die im System erfassten rezyklierten Massen an Verpackungen (lizenzierte gewerbliche Anteile) zu gering sind (fehlende Anteile werden tatsächlich in der Praxis i. d. R. stofflich rezykliert).

Betreffend allfälliger **Konkurrenz zwischen Verwertungsmöglichkeiten** wurde seitens einiger Anlagenbetreiber angeführt, dass wesentliche Inputmengen an potentiell geeigneten Kunststoffabfallströmen, zum Beispiel Gummi (Altreifen), PVC (Fenster, Rohre) oder Kunststoffabfälle aus dem Post-Consumer-Bereich in Österreich für das werkstoffliche und chemische Recycling system- oder marktwirtschaftlich bedingt nicht zur Verfügung stehen. Grund dafür ist unter anderem die Konkurrenz durch die thermische Verwertung beziehungsweise durch den Einsatz als Ersatzbrennstoff.

7.1.4 Posterpräsentationen zu wesentlichen Treibern/Hemmnissen

Für die drei genannten Bereiche der Treiber und Hemmnisse wurde jeweils ein Poster erstellt und im Rahmen eines Fachdialogs mit Betreibern und Behörden diskutiert. In Farbe ergänzte Textbausteine markieren die wesentlichen Ergänzungen durch die TeilnehmerInnen.

Die Bewertung mittels Punktesystem¹⁴⁶ zeigt die im Fachdialog erhobene Bedeutung der einzelnen Aspekte für die TeilnehmerInnen. Im Workshop wurden hier

¹⁴⁵ Anfallstellenregister: neun-stellige Anfallstellen-Nummer, mit Lizenzgraden (wieviel ist lizenziert, in %; es werden a) die lizenzierten Anteile und b) die Zuordnung zu den Systemen berechnet)

¹⁴⁶ Die Gesamtpunkteanzahl setzt sich aus den Ergebnissen von drei Gruppen zusammen.

in jeweils drei wechselnden, durch unterschiedliche Stakeholder besetzte Gruppen, Punkte vergeben (ein Punkt je TeilnehmerIn).

Sortierung/Behandlung

| Thema | Hemmnisse (H) | Treiber (T) | Bewertung |
|---|---|---|----------------------------------|
| Erhöhung der Sortiertiefe <i>„Eine Steigerung der stofflich verwertbaren Anteile nach Sortierung (im Besonderen für PET und Folien) ist technisch machbar.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Kostendruck: Systembedingt wird entsprechend der vorliegenden Kostenstruktur nach bestimmten Kriterien sortiert und nicht die best mögliche Sortiertiefe angestrebt Eine Erhöhung der Sortiertiefe ist technisch machbar, jedoch ökonomisch derzeit nicht darstellbar Eingeschränkte Verwertungsmöglichkeiten für Folien aufgrund zu geringer Qualitäten und fehlender Anreize | <ul style="list-style-type: none"> Planung/Errichtung neuer Anlagen: Update Anlagenpark und Anlagentechnik (Einsatz modernster Sortierroboter, Nachrüstung von NIR-Modulen) Berücksichtigung zusätzlicher Materialien im Rahmen der getrennten Sammlung (z.B. Folien) Das chemische Recycling kann hier als Ergänzung zum werkstofflichen Recycling fungieren um jene Materialien aufzufangen, welche nicht für das werkstoffliche Recycling geeignet sind | 4 + 5 + 5 = 14 |
| Bewusstseinssteigerung betreffend getrennter Sammlung <i>„Einer Verbesserung der getrennten Sammlung bzw. Verbesserung der ‚Trennmoral‘ der BürgerInnen kommt besondere Bedeutung zu.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Die Trennmoral der Einwohner nimmt in vielen Bereichen ab Abfallbeauftragte/Abfallberater der Kommunen (bzw. der Abfallwirtschaftsverbände) nehmen Tätigkeiten der Information der BürgerInnen nicht ausreichend wahr | <ul style="list-style-type: none"> Bewusstseinsbildungskampagnen sowie Beratung sind auf allen Ebenen (u. a. in Schulen und anderen Bildungs- bzw. Weiterbildungsstätten) zu schärfen, um dem Trend der sinkenden Trennmoral entgegenzuwirken Kunststoffe als WERTSTOFFE ansehen, und auch so in der Öffentlichkeit kommunizieren Vereinheitlichung der Kennzeichnungen im Rahmen der getrennten Sammlung (z.B. auch Österreichweit und über alle Systeme / AWWs hinweg) | 7 + 4 + 13 = 24 |
| Unerwünschte Inhaltsstoffe/Anteile in Kunststoffabfällen <i>„Der Einsatz von bestimmten Materialien und Additiven wie UV-Blocker, Stabilisatoren, Pigmente, sowie Druckfarben, Polyamide, Ruß in der Neuware können den Recyclingprozess erschweren.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Freier Markt, weltweiter Handel mit Produkten ohne Kenntnis der genauen Zusammensetzungen Das Nachkommen der Kundenwünsche steht einer ‚ökologischen‘ Materialzusammensetzung entgegen (Kosten/Nutzen Betrachtung) Technische Herausforderungen bei der Aussortierung schwarzer Kunststofffraktionen Herausforderungen bei der Abtrennung, der Behandlung und der Verwertung von biologisch abbaubaren Kunststofffraktionen und Holz-Kunststoff-Verbundstoffen PVC Anteile in der verbleibenden Mischkunststofffraktion bereiten Probleme bei der thermischen Verwertung z.B. in Zementwerken Schadstoffhaltige Kunststoffe (POP-haltige Fraktionen) sowie spezifische technische Kunststoffe (z.B. Carbonfaser-verstärkte Kunststoffe wie CFK) bringen Herausforderungen bzw. Einschränkungen beim Recycling dar, da teils die Technologie noch fehlen oder sich sehr teuer gestalten. | <ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung zusätzlicher Materialien im Rahmen der getrennten Sammlung, eigene Sammelschienen für problematische Materialien Ökodesign und ‚Design for Recycling‘ Entwicklung neuer ‚Carbon-free black‘ Anwendungen bzw. Sortiertechniken für schwarze Kunststoff-Fraktionen Abstimmungsprozess / Austausch zwischen Herstellern und Betreibern von Sortier-/Recyclinganlagen | 6 + 5 + 2 = 13 |
| Komplexe Verbundstoffe und Materialien <i>„Multilayer / Mehrcompound-verbundstoffe beeinträchtigen die Möglichkeiten des Recyclings. Der Trend geht in Richtung sehr komplex aufgebauter Verpackungen/Verbundmaterialien.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Herausforderungen bei der Abtrennung, der Behandlung und der Verwertung von Multilayer / Mehrcompoundverbundstoffe wie zB Multi-Layer Barrierefolien bei Verpackungen, Holz-Kunststoff-Verbundstoffen (diese können beim mechanischen Recycling Probleme verursachen) Eingeschränkte Verwertungsmöglichkeiten für Getränkeverbundkartone aufgrund zu geringer Qualitäten und fehlender Anreize | <ul style="list-style-type: none"> Ökodesign und ‚Design for Recycling‘ Abstimmungsprozess / Austausch zwischen Herstellern und Betreibern von Sortier-/Recyclinganlagen Verfahren rohstoffliches/chemisches Recycling kann mit derartigen Materialien umgehen | 5 + 7 + 0 = 12 |
| Getrennthaltung von unterschiedlichen Abfallströmen aufgrund rechtlicher/normativer Erfordernisse <i>„Es bestehen Herausforderungen hinsichtlich der Unterscheidung Lebensmittelverpackungen / Nicht-Lebensmittelverpackungen und Verpackungen / Nicht-Verpackungen.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Kunststoffe aus dem Nicht-Lebensmittelbereich bereiten Probleme im Hinblick auf die Erfüllung der ‚Lebensmitteltauglichkeit‘ von Rezyklaten Technische Grenzen zur Getrennthaltung bzw. Sortierung sind bei Stoffgleichheit schnell erreicht | <ul style="list-style-type: none"> Ökodesign und ‚Design for Recycling‘ (ggf. Tracing oder differenzierte Formgestaltung bei Produkten für unterschiedliche Anwendungen) Definition und Vorgabe einheitlicher Sortierkriterien bzw. Anwendung von ‚Marker‘, welche eine Trennung ermöglichen | 1 + 1 + 5 = 7 |

Marktsituation / -steuerung

| Thema | Hemmnisse (H) | Treiber (T) | Bewertung |
|---|---|---|-------------------------|
| Fehlende Inputmengen <i>„Fehlende Inputmengen für Behandlungsanlagen* beeinträchtigen die Wirtschaftlichkeit und damit das Ausmaß des Recyclings.“</i> <small>*nur sektoral gültig</small> | <ul style="list-style-type: none"> • Exporte aus der EU unter dem Titel „Re-use“ • Abfluss von Kunststoffabfällen (minderer Qualität) in die thermische Verwertung • Fehlende Verpflichtung zum Recycling von sortenrein vorliegenden Produktionsabfällen • Verluste durch Nicht-Erfassung von spezifischen Kunststoffabfallfraktionen im Rahmen einer getrennten Sammlung • Konkurrierende Verwertungsmöglichkeiten: Energetische Verwertung vs. Recycling; Downcycling • Schwierige und unfaire Marktbedingungen/-umfeld • Verluste von Kunststoffabfällen/Nebenprodukten durch Handelsplattformen | <ul style="list-style-type: none"> • Abfluss in Drittstaaten wäre zu regeln • Beschränkung des Exportes von sogenannten Re-Use-Gütern aus der EU • Verbesserung der getrennten Sammlung von qualitativ hochwertigen Kunststoffabfallfraktionen und flächendeckende Einführung der Wertstofftonne • Verbesserung der Sortiertechnik, vor allem hinsichtlich der Sortiertiefe mithilfe der Anwendung von Markern • Finanzieller Anreiz zur Erhöhung der Sortiertiefe | 5 + 1 + 7 = 13 |
| Abfallverbringung <i>„Verfahren sind kompliziert, verbunden mit hohem administrativem Aufwand.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Hoher Aufwand für die Notifizierung verschiedener Kunststoffabfallströme (Importe) • Verschärfung bei den gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich der Verbringung von Kunststoffabfällen • „27 Grenzen“: unterschiedliche Rechtslage in den EU-Mitgliedsstaaten hinsichtlich spezieller Themen • Verunreinigungen: keine einheitliche europaweite Regelung vorhanden | <ul style="list-style-type: none"> • Vereinheitlichung der Rechtslage in den EU-Mitgliedsstaaten hinsichtlich spezieller Themen / Rechtssicherheit erhöhen | 3 + 1 + 2 = 6 |
| Qualität importierter Kunststoffabfälle <i>„...unterliegt deutlichen Schwankungen und ist nicht durch EU-weite Standards geregelt.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Keine oder nur unzureichende Informationen über die Qualitäten / Zusammensetzungen vorhanden • Bei Anlieferung vor Ort zeigt sich oft schlechtere Qualität als vereinbart • Qualitäten unterscheiden sich je EU-Land unter Verwendung unterschiedlicher Spezifikationen je Fraktion (Verpackungssysteme) | <ul style="list-style-type: none"> • Festlegung einheitlicher Standards (produktspezifisch) / Standardisierung der Spezifikationen der verschiedenen Systeme | 1 + 6 + 3 = 10 |
| Preisgestaltung <i>„Marktwirtschaftliches Ziel muss es sein, dass die Nachfrage nach Rezyklaten höher ist als nach Neuware.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Preise für Inputmaterial sind aufgrund der Nachfrage deutlich gestiegen • Preise für Inputmaterial unterliegen saisonalen Schwankungen • Inputmaterialien stehen am Markt oftmals in zu geringen Mengen zur Verfügung und weisen schlechte Qualitäten auf • Recyclingrohstoffe unterliegen im Einkauf einem preislichen Abschlag gegenüber der Neuware • Der Einsatz von Rezyklaten hat schlechtes Image beim Konsumenten / Wettbewerbsnachteil beim Einsatz von Rezyklaten | <ul style="list-style-type: none"> • Hohe Qualitäten des Inputmaterials • Verpflichtender Anteil von Rezyklaten bei der Herstellung von Produkten (Beispiel: PET-Flaschen) • Nachfrage an Rezyklaten ist über die Jahre im allgemeinen konstant geblieben • Besteuerung fossiler Ressourcen / Primärmaterial • Verminderte Steuersätze für Rezyklate | 3 + 2 + 4 = 9 |
| Stärkung Absatzmarkt <i>„Es bedarf einer Sicherstellung, dass Rezyklate am Markt angenommen werden – die Stärkung von Herstellung und Verwendung von Rezyklaten ist vorrangig zu behandeln.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche rechtliche Vorgaben (z.B. REACH, Normen, Lebensmitteltauglichkeit, usw.) • Hohe Anforderungen seitens der Produzenten (gleichbleibende hohe Qualität des Rezyklats, garantierte Mindestmenge) • Fehlende Absatzmärkte für Rezyklate aus dem Post-Consumer-Bereich (v.a. für Kunststoffabfälle von Produkten mit kurzer Nutzungsdauer) • Fehlender Druck auf die Hersteller, Rezyklate einsetzen zu müssen (durch z.B. rechtliche Vorgaben oder Zertifizierungen) | <ul style="list-style-type: none"> • Festlegung Abfallende (anwendungsspezifisch) • (EU-weite) Beschaffungsrichtlinien (z.B. für große Konzerne; im öffentlichen Bereich – Stärkung GPP) • Festlegung eines verbindlichen Rezyklateinsatzes für bestimmte Produkte bzw. Förderung • Freiwillige Selbstverpflichtung der Hersteller für den Rezyklateinsatz • Festlegung einheitlicher Anforderung an die Recycelbarkeit von Verpackungen • Vereinheitlichung des Sammelsystems • Rohstoffliches Recycling zur Deckung der Nachfrage nach nachhaltigem „Virgin material“ ausbauen | 10 + 13 + 9 = 32 |

Rechtliche Rahmenbedingungen

| Thema | Hemmnisse (H) | Treiber (T) | Bewertung |
|---|---|--|------------------------|
| Umsetzung EC-Vorgaben / Rechtssicherheit <i>„Die nationale Umsetzung der EC-Vorgaben spielt eine bedeutende Rolle. d.h. Festlegung der rechtlichen Rahmenbedingungen für Sammler, Sortierer und Verwerter.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Die Festlegung der rechtlichen Rahmenbedingungen für Sammler, Sortierer und Verwerter ist auf nationaler Ebene noch ausständig Die (neuen) Rahmenbedingungen, die für Sammel- und Verwertungssysteme von Verpackungen als erforderlich angesehen werden, sind noch nicht festgelegt (d.h. Pfand „Ja/Nein?“ und wie wird das System umgesetzt?, Änderung in der Erfassung, Vereinheitlichung von Sammelfraktionen) Neue Anforderungen zur Erfüllung der neuen Quotenvorgaben fehlen Existierende Stoffverbote und Beseitigungspflicht versus Recycling Definition der Begrifflichkeit Rezyklat (Post-consumer, Post-Industrial) / Zulässigkeit für Recyclingquote klären Differenzierung der Begrifflichkeiten „Rohstoffliches Recycling“ und „stoffliches Recycling“ | <ul style="list-style-type: none"> Einführung eines Pfandsystems für Einwegkunststoffgetränkeflaschen Sicherstellung einer hohen Rechtssicherheit in Österreich Verpflichtende Vorgaben für verbindliche Rezyklatanteile in Neuprodukten Herstellerverantwortung auf weitere Kunststoffprodukte ausweiten (z.B. CFK, GFK) Ausweitung der Prinzipien der SUP-RL auf andere Produkte Produktverbote (=Einschränkung bestimmter Produkte) / Abfallvermeidung rechtl. vorgeben Strengere rechtl. Rahmenbedingungen: Rücknahmeverpflichtung für Nicht-Verpackungskunststoffe Abfallende im Recyclingprozess vorverschieben (AbfallendeVO): Rezyklat als Produkt | 9 + 11 + 6 = 26 |
| Vereinheitlichung Sammelsysteme <i>„Eine Harmonisierung unterschiedlicher Anforderungen im Hinblick auf die Sammelsysteme ist notwendig.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Probleme durch unterschiedliche Anforderungen bei unterschiedlichen Sammelsysteme Problem der regionalen Unterschiede Unterschiedliche Sammelsysteme ergeben unterschiedliche/heterogene Inputqualitäten (schwankende Materialzusammensetzung) | <ul style="list-style-type: none"> Vereinheitlichung der Sammelsysteme (Unterscheidung rohstoffl. Recycling / stoffliches Recycling) Änderung von Vorgaben im Rahmen der getrennten Sammlung: „Wertstofftonne für alle Kunststoffe“ (=Sammeltonne für Spielzeug, Rohre, usw.) Sammlung kann durch die Art der Verrechnung pro Haushalt beeinflusst werden (nach Gewicht/nach Volumen) | 1 + 5 + 2 = 8 |
| Lizenzgebühren / Tarifgestaltung <i>„Die Lizenzgebühren der Sammel- und Verwertungssysteme sollten derart gestaltet sein, dass sie die Recyclingfähigkeit von Kunststoffverpackungen widerspiegeln.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Festgelegte Quoten beeinflussen die Tarifgestaltung der Sammel- und Verwertungssysteme Unbefriedigender Wettbewerbsdruck: Sinkende Lizenzinnahmen wirken sich auf die Verwertung aus, d.h. das volkswirtschaftliche Interesse (nämlich das Erreichen der Quoten) steht den erreichbaren Lizenzinnahmen gegenüber | <ul style="list-style-type: none"> Zuzahlung für die Sortierung der Kunststoffverpackungsabfälle seitens der Hersteller (Produzenten-verantwortung) Gestaffelte Lizenzgebühr in Abhängigkeit von der Recyclingfähigkeit der unterschiedlichen Verpackungen (Monolayer <-> Multilayer) Steuerliche Regelung (Lenkungseffekt): höhere Steuern für Virgin-Material, verminderte Steuersätze für Rezyklat | 4 + 3 + 3 = 10 |
| Design4Recycling <i>„Design for Recycling muss sich etablieren und Produkte aus Recyclingkunststoff brauchen ein entsprechendes Marketing.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Grundsätzlich fehlt das „Design for Recycling“ (zurück zur Einfachheit) Nicht trennbare Verbundkunststoffe und verwendete Additive sind problematisch Produktdesign und Anforderungen seitens der Hersteller/Endverbraucher sind oftmals nicht kompatibel mit Rezyklateinsatz Design von Verpackungen und Produkten berücksichtigt nicht oder zu wenig die technischen Bedingungen des Recyclings Mangelnde Unterscheidbarkeit Lebensmittel-/Nicht-Lebensmittelverpackung | <ul style="list-style-type: none"> Definition / Standardisierung / Vereinheitlichung der Anforderungen an die Recyclingfähigkeit Verwendung einheitlicher Kunststoffarten für bestimmte Produkte/Produktgruppen Verbesserungen der Schnittstellen „Produzenten/Hersteller/ Recycler“ Verstärktes Marketing für Produkte aus Recyclingkunststoff / Verpflichtende Werbung und Imageverbesserung für Recyclingmaterial Verpflichtender Rezyklatanteil nach Produktgruppen Learning von Best-practice-examples (z.B. PET) / Übertragung auf andere Bereiche/Kunststoffe | 10 + 1 + 7 = 18 |
| Verfahrenszulassung für Lebensmittel-tauglichkeit <i>„...teils noch ausständig. Es besteht Rechtsunsicherheit.“</i> | <ul style="list-style-type: none"> Verfahrenszulassungen für Lebensmitteltauglichkeit sind teils noch ausständig (Veröffentlichung der Bescheide ist noch nicht erfolgt) seitdem die Verfahren der Zulassung auf europäische Ebene (EFSA - European Food Safety Association) gehoben wurden; Zulassungen sind derzeit für ca. 139 Verfahren ausständig Lange Dauer des Zulassungsprozesses Unterschiedliche nationale Regelungen in MS hinsichtlich Zulassung von LM-tauglichen Kunststoffen | <ul style="list-style-type: none"> Beschleunigung der Zulassungsverfahren | 0 + 6 + 5 = 11 |

7.2 Maßnahmen/Initiativen, identifiziert aus der Literatur

Nachfolgende Maßnahmen, Positionen und Initiativen wurden seitens bedeutender Akteure aus Österreich und Deutschland zum Thema Steigerung des Kunststoffrecyclings publiziert.

VÖEB-Positionspapier (Österreich) für die Zukunft des Kunststoffrecyclings (VÖEB 2018):

Link zur Originalfassung:

<https://www.voeb.at/service/voeb-blog/detail/show-article/voeb-positionen-fuer-die-zukunft-des-kunststoffrecyclings/>

Hinweis: Nachfolgend ein Auszug aus der Originalfassung, teils gekürzt und mit Kennzeichnung durch Fettschrift oder farbliche Markierungen dargestellt, um Schwerpunkte zu identifizieren:

- **Recyclinggerechtes Design - Ecodesign:** *Das Design von Produkten sowie die Auswahl und Kombination der dabei verwendeten Materialien haben aber einen wesentlichen Einfluss auf die Abläufe und den Erfolg der Verwertung. Die Rezyklierbarkeit von Kunststoffen und damit die Erhaltung der Materialien in der Kreislaufwirtschaft sollten die erste Priorität im **Produktdesign** darstellen. Kriterium für die In-Verkehr-Setzung eines Produktes muss folglich die optimale Rezyklierbarkeit zum Ende der Nutzungsdauer sein.*
- **Steigerung der Inputqualität:** *Anforderungen an die getrennt gesammelten Abfälle; Im Bereich der Kunststoffverpackungen gibt es derzeit – unabhängig von Eigenschaften und Verwertbarkeit der Materialien – nur einen Tarif für alle Kunststoffe, der dem Aufwand bei der Verwertung von komplexen Werkstoffen (beispielsweise Multilayer Verpackungen) nicht gerecht wird. Die **Lizenzgebühren** der Sammel- und Verwertungssysteme sollten derart gestaltet sein, dass sie die Recyclingfähigkeit von Kunststoffverpackungen widerspiegeln.*
- **Erhöhter Einsatz von Rezyklaten im Produktionsprozess:** *Es sind Maßnahmen zur Stärkung der Nachfrage auf den Sekundärrohstoffmärkten zu ergreifen. Einerseits muss die Akzeptanz der Recyclingrohstoffe und das Bewusstsein der enormen ökologischen Vorteile bei den Herstellern gesteigert werden. Andererseits sollen auch die Hersteller mehr in die Verantwortung genommen werden und zu einem erhöhten Einsatz von Rezyklaten in den Produkten verpflichtet werden. Denkbar wäre diesbezüglich auch die Einführung von Mindesteinsatzquoten von Sekundärrohstoffen in der Produktion. Ein weiterer wichtiger Hebel für den Einsatz von Rezyklaten in der Produktion ist die rechtliche Handhabung des Abfallbegriffs sowie des Abfallendes. Abfallrechtlich hat die Einstufung eines Abfalles, neben der Klassifikation der enthaltenen Stoffe gemäß CLP, weitreichendere Auswirkungen wie beispielsweise im Anlagen- und Berufsrecht. Es braucht hier Lösungen für die **Schnittstellen zwischen Chemikalien-, Produkt- und Abfallrecht**.*
- **Informationskampagnen für die Öffentlichkeit:** *Allen beteiligten Akteuren ist die Botschaft zu vermitteln, dass Kunststoffe Wertstoffe sind, die nach einer erfolgreichen Verwertung wieder als hochwertiger Sekundärrohstoffe eingesetzt werden können. Neben der Industrie und der Abfall- und Ressourcenwirtschaft sind die privaten Haushalte ein wichtiger Hebel für die Erreichung der Recyclingziele. Über öffentlichkeitswirksame Informationskampagnen kann das Bewusstsein und somit auch die **Trennschärfe bei der getrennten Sammlung** durch die Verbraucher gesteigert werden.*

ÖWAV-Positionspapier (Österreich) zu Strategien der österreichischen Recycling- und Abfallwirtschaft (ÖWAV 2018):

Link zur Originalfassung:

<https://www.oewav.at/Publikationen?current=323524&mode=form>

Hinweis: Nachfolgend ein Auszug aus der Originalfassung, teils gekürzt und mit Kennzeichnung durch Fettschrift oder farbliche Markierungen dargestellt, um Schwerpunkte zu identifizieren:

- **Datenbasis und -qualität verbessern:** *EDM stellt eine wertvolle Datengrundlage für Forschung, Planung, Investitionen und Verwaltung dar. Diese sollte künftig noch breiter nutzbar und für die AnwenderInnen verfügbar gemacht werden.*
- **Ökodesign forcieren:** *Die Forcierung des Ökodesigns im Zusammenwirken von Industrie und Abfallwirtschaft erleichtert das Recycling und eine umweltgerechte Behandlung und stellt somit auf Basis der europäischen Ökodesign-Strategie ein wesentliches Handlungsfeld für alle beteiligten Sektoren dar. Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit eines anfallenden Abfalls haben einen wesentlichen Einfluss auf die ökologische Lebenszyklusbilanz des Ausgangsprodukts. Ein Ziel von Ökodesign aus abfallwirtschaftlicher Sicht ist es, bestmögliche stoffliche Verwertbarkeit zu erzielen (**Design for Recycling**) und gleichzeitig den Einsatz von Sekundärkunststoffen in Produkten zu erhöhen (**Design from Recycling**). Betreffend Kunststoffhersteller und -verarbeiter besteht beim Kunststoffrecycling das primäre Ziel der Herstellung von Sekundärrohstoffen für hochwertige (gleichwertige) Produkte. Mithilfe erhöhter und einheitlicher Qualitätsstandards in der Herstellung von Kunststoffen werden die Erzeugung hochwertiger Rezyklate und ihr Einsatz als Sekundärrohstoff gefördert. Dazu ist es erforderlich, klare Vorgaben hinsichtlich der Inhaltsstoffe (Schadstoffreduktion) bzw. der Zusammensetzung von Kunststoffen und Kunststoffherzeugnissen sowie deren Rezyklatanteil festzulegen, die von der produzierenden Wirtschaft einzuhalten und auszuweisen sind.*
- **Qualitätsstandards für hochwertiges Recycling festlegen:** *Handlungsaufforderungen im Hinblick auf Abfallbeschaffenheit, Qualitätssicherung, Rechtssicherheit und Lenkungsmaßnahmen (z. B. durch öffentliche Beschaffung).*
- **Erweiterte Produzentenverantwortung etablieren:** *Festlegung der Sammel- und Verwertungsziele auf der Grundlage von Kosten-Nutzen-Untersuchungen; Wirtschaftliche Anreize für eine ressourceneffiziente und recyclinggerechte Produktgestaltung (z. B. durch entsprechende **Tarifgestaltung**).*
- **Nachhaltige Beschaffung forcieren:** *Förderung der Ökologisierung der Märkte und Innovationen; Beispielhaft können folgende Kriterien bei öffentlichen Aufträgen herangezogen werden: Gesamte Lebenszykluskosten (LCC) eines Produkts, insbesondere bei langfristigen Investitionen, Reparatur- bzw. Teilreparaturfähigkeit eines Produkts, Recyclingfähigkeit des Produkts am Lebensende, **Anteil an Sekundärrohstoffen**, insbesondere im Bausektor.*
- **Anreize für Recycling schaffen und die Umsetzung ermöglichen:** *Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung und Aufklärung über abfallwirtschaftliche Zusammenhänge; freiwillige Vereinbarungen und geeignete **Lenkungsmaßnahmen zum Sekundärrohstoffeinsatz** (z. B. Substitutionsraten oder Mindestgehalte) um Recycling in noch nicht etablierten Produktions- und Wirtschaftsbereichen zu fördern und Absatzmärkte aufzubauen.*

- **Innovationen und deren Implementierung fördern:** Schwerpunkte setzen, u. a. in folgenden Bereichen: „Design for Re-Use“, „Design for Recycling“, Entsorgungslogistik, innovative Trenn- und Sortierverfahren, Behandlungslösungen für Verbundmaterialien und abfallwirtschaftliche Systemanalyse.

Nachhaltigkeitsagenda 2018 – 2030 der österreichischen Wirtschaft für Getränkeverpackungen (WKÖ 2017):

Link zur Originalfassung:

https://www.wko.at/service/netzwerke/Nachhaltigkeitsagenda-2018_2030.pdf

Hinweis: Nachfolgend ein Auszug aus der Originalfassung, teils gekürzt und mit Kennzeichnung durch Fettschrift oder farbliche Markierungen dargestellt, um Schwerpunkte zu identifizieren:

Abfüller, Vertrieber und Importeure von Getränken, Verpackungshersteller sowie Betreiber von Sammel- und Verwertungssystemen für Verpackungsabfälle bekennen sich zum Ziel der Stabilisierung des Anteils von Mehrweggebinden bei Getränken im Handel, so wie es in der „Sozialpartnerempfehlung Mehrweg“ vom 30. Juni 2011 konkret festgelegt ist, zur Gewährleistung einer möglichst nachhaltigen Gestaltung der in Österreich verwendeten Verpackungen und werden folgende Beiträge erbringen, nachfolgend eine Auswahl an wesentlichen Punkten:

- **Nachhaltige Gestaltung von Getränkeverpackungen:**
 - Verpackungen sind so zu gestalten, dass sie den Anforderungen an eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung bestmöglich Rechnung tragen.
 - Im Sinne der Kreislaufwirtschaft sind Kernpunkte einer möglichst **nachhaltigen Gestaltung der Verpackungen** -) die Optimierung der Materialeffizienz, -) die umweltkonforme Nutzung der Materialien sowie der Energieinhalte und -) die Erfüllung der Bedürfnisse der Konsumenten.
 - Qualitativ hochwertige Getränkeverpackungen zeichnen sich dadurch aus, dass sie das Getränk optimal vor äußeren Einwirkungen schützen, und den Austausch von Stoffen zwischen Verpackung und Getränk so gering wie möglich halten. Bei der Optimierung von Getränkeverpackungen sind neben ökologischen und volkswirtschaftlichen Aspekten auch Aspekte der Produktsicherheit und der Produktqualität ausgewogen zu berücksichtigen.
 - In der **gesamten Wertschöpfungskette** von der Produktion der Rohmaterialien bis zur Abfallbehandlung sind die Emissionen von Treibhausgasen im Sinne des Klimaschutzes durch Energie- und CO₂-Management nachhaltig abzusenken.
- **Stoffliche Verwertung**
 - Um bei Einwegverpackungen die Materialeffizienz und die Ressourcenschonung durch Kreislaufführung weiter zu steigern, wird die Wirtschaft diese Gebinde im größtmöglichen Ausmaß erfassen und **weitgehend stofflich verwerten**. Dies gilt für die Packstoffe wie Glas, Metall, Kunststoff, insbesondere PET, und Verbundkarton. **Getränkeverpackungen aus PET werden im Ausmaß von mindestens 55 % der Marktmenge stofflich verwertet.**
 - Die Wirtschaft wird im Sinne der Ressourcenschonung die hochwertige neue Schiene des **Bottle-to-Bottle-Recycling** weiterführen und damit auch in den folgenden Jahren stoffliche Kreisläufe schließen. 12.000 Tonnen

Post-Consumer-PET-Recyclat werden jährlich mindestens der Produktion von PET-Flaschen oder weiteren Lebensmittelverpackungen zugeführt: Davon werden mindestens 9.000 Tonnen für die Produktion von PET-Flaschen eingesetzt. Die Zielvorgaben beziehen sich auf den Gesamtmarkt und sind im Kalenderjahr 2022 einer Evaluierung unter Berücksichtigung des verfügbaren technischen Standards bei der Verwertung und Wiederverwendung sowie der Marktmenge zu unterziehen und nach Möglichkeit zu steigern. Bei einer im Zuge der durchgeführten Evaluierung festgestellten Steigerung der Marktmenge sind die Zielvorgaben aliquot anzuheben, sofern dies dem Stand der Technik entspricht.

- *Bei den Eisenmetall- und Nichteisenmetall Dosen ist die Recyclingrate der wichtigste Ansatzpunkt für die Verbesserung der ökologischen Performance. Sie ist daher bei 70 % zu halten.*
- **Liste der umfassten Getränke Kategorien:** Mineralwasser, Tafelwasser, Sodawasser, sonstige abgefüllte Wässer, Bier und Biermischgetränke (wie insbesondere Radler), alkoholfreie Erfrischungsgetränke (wie Limonaden) einschließlich aromatisierte Wässer, Fruchtsaft und Gemüsesaftgetränke, isotonische Getränke, Energydrinks, Eistee, Kombucha, Sojamilch, Molkegetränke, Malzgetränke, alkoholfreie Biere und ähnliche Erfrischungsgetränke, Fruchtsäfte, Gemüsesäfte, Nektare, Trinkmilch und Mischmilchgetränke.
- **Mehrweg für Konsumenten und Wirtschaft attraktiveren** (siehe Langfassung)

5-Punkte-Plan des Bundesumweltministeriums (Deutschland) für weniger Plastik und mehr Recycling (BMU 2018):

Link zur Originalfassung:

<https://www.bmu.de/download/5-punkte-plan-des-bundesumweltministeriums-fuer-weniger-plastik-und-mehr-recycling/>

Hinweis: Nachfolgend ein Auszug aus der Originalfassung, teils gekürzt und mit Kennzeichnung durch Fettschrift oder farbliche Markierungen dargestellt, um Schwerpunkte zu identifizieren:

- **Überflüssige Produkte und Verpackungen vermeiden:** Förderung des Leitungswassertrinkens und bessere Verfügbarkeit von Leitungswasser im öffentlichen Raum; Dialog mit dem Handel zur Vermeidung überflüssiger Verpackungen (freiwillige Selbstverpflichtungen zu erreichen, Vorbild ist die Vereinbarung zu den Plastiktüten, die nach zwei Jahren bereits zu einem Rückgang des Verbrauchs um zwei Drittel geführt hat, Stichwort: **überflüssige Verpackungen von Obst und Gemüse**); Überflüssige Einweg-Plastikartikel europaweit verbieten; Künftig die Produktverantwortung auch für Reinigungsaktionen nutzen; Einsatz von Mikroplastik in Kosmetik bis 2020 stoppen; **Mehrweg stärken**; Initiativen zur Vermeidung von Wegwerfverpackungen den Rücken stärken.
- **Verpackungen und andere Produkte umweltfreundlicher gestalten:** Finanzielle Anreize für **ökologisches Design**; Verpackungsregister; Ressourceneffizientes Produktdesign.

- **Recycling stärken:** mehr Rezyklate einsetzen; Höhere Recyclingquoten; **Gestaffelte Lizenzentgelte** für recyclingfreundliche Verpackungen; Verbraucherinformation; Rezyklatinitiative des BMU; **Öffentliche Beschaffung** von Produkten mit Rezyklatanteil; Stärkung des Recyclings von **Agrarfolien**.
- **Vermeidung von Kunststoffen in Bioabfällen:** Verbraucherinformation; Kunststoffeintrag in Kläreinlagen vermeiden; Rechtliche Maßnahmen.
- **Internationales Engagement gegen Meeresmüll und für einen nachhaltigen Umgang mit Kunststoffen:** Deutsche Investitionen; G 7: Ocean Plastics Charter; Zusammenarbeit der G20; Basler Übereinkommen/Partnerschaft für Kunststoffabfälle; Zusammenarbeit mit Entwicklungs- und Schwellenländern; Nationales Maßnahmenprogramm zur Umsetzung der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) und Runder Tisch; Schiffsabfälle.

Position Umweltbundesamt (Deutschland) zur Steigerung des Kunststoffrecyclings und des Rezyklateinsatzes: (UBA DE 2016):

Link zur Originalfassung:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/170601_uba_pos_kunststoffrecycling_dt_bf.pdf

Hinweis: Nachfolgend die Zusammenfassung aus der Originalfassung mit Kennzeichnung durch Fettschrift oder farbliche Markierungen dargestellt, um Schwerpunkte zu identifizieren:

- *Es besteht Bedarf, das Recycling von Kunststoffabfällen zu stärken, um Ressourcen zu schonen und CO₂-Emissionen einzusparen. Das Umweltbundesamt schlägt hier Maßnahmen vor, damit Kunststoffabfälle im Sinne einer Kaskadennutzung möglichst einer hochwertigen werkstofflichen Verwertung zugeführt und erst dann, wenn dies nicht mehr möglich ist, energetisch genutzt werden. Zur Förderung einer Kunststoffrecyclingwirtschaft bedarf es aus unserer Sicht folgender wesentlicher Voraussetzungen:*
 - *konsequente Getrennthaltung kunststoffhaltiger Abfälle (z. B. Novellierung Gewerbeabfallverordnung)*
 - *Erfassung stoffgleicher Nichtverpackungen aus Haushalten durch eine Wertstofftonne*
 - *anspruchsvolle, kunststoffspezifische Recyclingquoten*
 - *umwelt- und recyclingfreundliches **Produktdesign***
 - *von Recyclingfähigkeit abhängige **Lizenzentgelte** für Verpackungen*
 - *erhöhter Einsatz von Rezyklaten in Produkten (**Mindestrezyklatquoten**)*
 - *Vorgaben für **öffentliche Beschaffung** bzgl. Einsatz rezyklathaltiger Produkte*

Circular Packaging Design Guideline (Österreich): Empfehlungen für recyclinggerechte Verpackungen (FH Campus Wien 2019):

Link zur Originalfassung:

https://www.fh-campuswien.ac.at/fileadmin/redakteure/Studium/01_Applied_Life_Sciences/b_Verpackungstechnologie/Dokumente/FH-Campus-Wien_Circular-Packaging-Design-Guideline_V02-final_DE.pdf

Hinweis: Nachfolgend ein Auszug aus der Originalfassung, teils gekürzt und mit Kennzeichnung durch Fettschrift oder farbliche Markierungen dargestellt, um Schwerpunkte zu identifizieren:

Recyclinggerechtes Verpackungsdesign als Teil einer zirkulären Produktgestaltung legt den Grundstein für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft. Entscheidend für eine nachhaltige Entwicklung ist die Kooperation der gesamten Supply-Chain:

● **Generelle Empfehlungen:**

- *Minimaler Einsatz von Verpackungsmaterial (ohne Beeinträchtigung des Produktschutzes) oder die Ermöglichung einer Wiederverwendung (Mehrweg).*
- **Einsatz von Monomaterialien** oder für das Recycling kompatible Materialkombinationen.
- *Weitestgehende Vermeidung von nicht für den Lebensmittelkontakt geeigneten Additiven.*
- *Einfärbung von Packstoffen möglichst sparsam anwenden.*
- *Materialien und Druckfarben nach Vorgaben der EuPIA Ausschlussliste (European Printing Ink Association) sowie Berücksichtigung möglicher toxischer Abbauprodukte im Recyclingprozess.*
- *Verpackungsgestaltung für eine optimale Entleerung der Produktinhalte (Restentleerbarkeit).*
- **Maßnahmen zur Förderung der richtigen Trennung** einzelner Bestandteile (z. B. durch sichtbare und einfach zu bedienende Perforationen) und sortenreiner Entsorgung durch gut leserliche Information auf der Verpackung für KonsumentInnen (z. B. eindeutige Kennzeichnung der Materialtype).
- *Aufziehhilfen/Verschlüsse, welche nicht in den Wiederverschlussprozess eingebunden sind, sollten zur Vermeidung von Kleinteilen mit der Verpackung fest verbunden bleiben.*

● **Speziell für Kunststoffverpackungen:**

- *Einsatz von möglichst weitverbreiteten Materialien (z. B. Polyolefine, PET).*
- *Einsatz neuer Materialien nur dann, wenn Kompatibilität mit vorherrschenden Sammel- und Verwertungsstrukturen besteht.*
- **Recyclingkonformer Materialeinsatz** (in Abstimmung möglicher Materialkombinationen).
- *Möglichst wenig Zusatzstoffe/Additive im Material.*
- **Einfache Trennbarkeit der einzelnen Komponenten** im Sortierprozess.
- *Farben so transparent wie möglich.*
- *Recyclinggerechte Druckfarben (Mindeststandard: EuPIA-konforme Druckfarben).*
- *Etiketten oder Sleeves kleiner als 50 % der Verpackungsoberfläche.*
- *Einsatz leicht ablösbarer Sleeves oder Etiketten (z. B. mit wasser-/heißlaugenlöslichem Klebstoff).*
- *Vermeidung von Kleinteilen, welche von den Konsumenten abgetrennt werden können.*

Fachverband der Chemischen Industrie – Branche Kunststoffe: RETHINKING PLASTICS – so wird Österreich zur Vorzeigeregion für nachhaltige Kunststoffkreisläufe: 10 Punkte-Maßnahmenpaket (FCIO 2019):

Link zur Originalfassung:

http://kunststoffe.fcio.at/media/11636/rethinking-plastics-so-wird-oesterreich-zur-vorzeigeregion-fuer-nachhaltige-kunststoffkreislaeufe_final-nach-abstimmung_132019.pdf

Hinweis: Nachfolgend ein Auszug aus der Originalfassung, teils gekürzt und mit Kennzeichnung durch Fettschrift oder farbliche Markierungen dargestellt, um Schwerpunkte zu identifizieren:

- **Förderung von Recycling-Kreisläufen: Circular Design;** Ausbau und Weiterentwicklung der Sammel- und Sortier- und Recyclingsysteme; Sicherstellung der Qualität für hoch- und höchstwertige Anwendungen von Rezyklaten.
- **Gespräche mit Handel und betroffenen Industrieverbänden zur Prüfung von Einweg-Pfandsystemen für Getränkeverpackungen:** unabhängig vom verwendeten Material; Schaffung der Infrastruktur für geschlossene Kreisläufe für sortenreine Qualität; **Gleichbehandlung von Einweg- und Mehrwegprodukten;** Dient auch der Bewusstseinsbildung: Kunststoff-Abfall ist ein „Wertstoff“.
- **Steigerung des Anteils von Kunststoff-Mehrweg-Produkten:** Wann immer nachhaltig und hygienisch vertretbar; Refill-Lösungen; **Mehrweg-Getränkebecher.**
- **Ausbau des chemischen Recyclings für Ströme, bei denen stoffliches Recycling nicht möglich ist:** Recyclingpfad für Kunststoffe, die stofflich ökologisch/ökonomisch nicht recycelt werden können; Anerkennung als Recyclingverfahren gemäß Abfallhierarchie; EU-weiter Ansatz für ausreichende Kapazitäten.
- **Faktenbasierte Politik durch verpflichtende Verwendung von Ökobilanzen:** Jede Maßnahme muss auf positive Effekte für die Umwelt geprüft werden.
- **Optimierung von rechtlichen Rahmenbedingungen:** Abbau von Hemmnissen für den Einsatz von Rezyklaten; EU-weit einheitliche Regelungen statt Zersplitterung des Binnenmarktes und nationale Alleingänge; Vermeidung von widersprüchlichen politischen Zielen, Instrumenten und Mechanismen; Festlegung eines EU-weiten Deponie-Verbots; Implementierung des Innovation Principle zur Förderung und Skalierung neuer Technologien; **Anerkennung von Rezyklaten als Produkt.**
- **Ausbau der Technologieführerschaft Österreichs:** Ausbau der Forschungs- und Innovationsförderung; Anreize zur **Entwicklung neuer Technologien;** Exportoffensive für Recycling- und Sortierungstechnologien/Abfallmanagementsysteme.
- **Engagement auf globaler Ebene:** Entwicklungszusammenarbeit beim Abfallmanagement intensivieren; Knowhow-Transfer.
- **Sensibilisierung der Konsumenten: Bewusstseinsbildungskampagnen** auf allen Ebenen und für jedes Alter; Erleichterungen beim Abfalltrennen.
- **Vernetzung und Zusammenarbeit aller Stakeholder:** Schulterschluss von Unternehmen, Branchenverbänden, Gesetzgebung, Forschung, Verwaltung, Gemeinden, Konsumenten, Medien, NGOs.

8 SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Die neuen europäischen Rahmenbedingungen (u. a. Kreislaufwirtschaftspaket, Kunststoffstrategie, Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft, Green Deal) definieren für die kommenden Jahre **ambitionierte Ziele für das Management von Kunststoffabfällen**. Unter anderem wurden auf EU-Ebene bereits höhere **Recyclingziele** für bestimmte Kunststoffabfälle beziehungsweise kunststoffhaltige Abfälle und entsprechende Berechnungsmethoden festgelegt. Die **detaillierte Analyse der Anlagenkonfigurationen und der Massenströme** bei den ausgewählten Kunststoffrecyclinganlagen hat gezeigt, dass diese vielfältig und komplex sind und der Kenntnis der Anlagenkonfigurationen und der Massenströme eine hohe Bedeutung zukommt, um die erreichten Recyclingquoten korrekt ermitteln zu können. Auf die Nachvollziehung der Massenströme mittels EDM-Meldungen sollte seitens der Betreiber und Behörden verstärktes Augenmerk gelegt werden.
- Die Rückmeldungen der involvierten Betreiber von Sortieranlagen für Kunststoffabfälle und die im Rahmen der Studie durchgeführten Erhebungen zeigen, dass die **derzeit eingesetzte Anlagentechnik für die Sortierung nachgerüstet werden muss beziehungsweise sich gerade in Nachrüstung befindet, um die zukünftig höheren Recyclingziele (z. B. im Bereich der Verpackungen) zu erreichen**. Die technischen Potentiale zur Erhöhung der Sortiertiefe sind derzeit aufgrund der damit verbundenen hohen Kosten nicht ausgeschöpft. Die Kostenstrukturen für die Aufwände zur Herstellung hoher Qualitäten sind derart zu gestalten, dass eine effiziente Abtrennung und Rückgewinnung von Materialien erreicht wird. Eine **Änderung der Kostenstruktur für die Behandlung kann auch einer Änderung der Lizenzierung (in Höhe und Art) beziehungsweise erweiterten Produzentenverantwortung bedürfen** (z. B. im Hinblick auf eine gestaffelte Lizenzgebühr in Abhängigkeit der Rezyklierbarkeit).
- In den betrachteten Kunststoffrecyclinganlagen kommt mit der derzeit eingesetzten Anlagentechnik ein im europäischen Vergleich guter technischer Standard beim Recycling von Kunststoffen zur Anwendung, auch unter Berücksichtigung der laufend fortschreitenden Entwicklungen bei den Prozesstechniken. In einigen Anlagen sind wesentliche Anpassungen an den Stand der Technik im Gange oder in naher Zukunft geplant. In Hinblick auf die neuen Anforderungen wurden in den letzten Jahren in Österreich bereits mehrere neue Recyclinganlagen errichtet. Die meisten Kunststoffrecyclinganlagen sind auf die Verarbeitung von Kunststoffabfällen beziehungsweise kunststoffhaltigen Abfällen aus nur einem Anwendungsbereich wie Verpackungsabfälle aus PET, Kunststoff aus Elektro- und Elektronikaltgeräten und Kunststoffe aus Altfenstern/Altrohren spezialisiert.
- Betreffend Recycling von Kunststofffraktionen aus komplexen Produkten wie Elektro- und Elektronikaltgeräten und Altfahrzeugen zeigt sich, dass mit den derzeit erzielten Rezyklatausbeuten die zukünftigen Recyclingziele schwer erfüllt werden können. Es muss daher entweder die Sortiertechnik optimiert werden oder die Kunststoffteile müssen in höherem Maße vor einer maschinellen Zerkleinerung dieser Abfälle demontiert werden.
- **Österreich hat eine technologische Vorreiterrolle** bei der Entwicklung und Herstellung von Sortier- und Recyclingtechnologien für Kunststoffabfälle und kann diesen Vorteil für die neuen Herausforderungen nutzen. Dies zeigt sich

zum Beispiel an der Präsenz mehrerer Hersteller am Weltmarkt. Besondere Bedeutung kommt hierbei der **Forschung im Bereich neuer Recyclingtechnologien und im Bereich hochwertiger Einsatzmöglichkeiten für Rezyklate zu**, insbesondere aus dem Post-Consumer-Bereich, zum Beispiel aus Elektro- und Elektronikaltgeräten oder Fahrzeugen, die es zu stärken gilt.

- Das **Potenzial zur Verwertung und zur Nutzung von Kunststoff aus Abfällen ist in Österreich noch nicht ausgeschöpft**. Bedeutende Massenströme an Kunststoffmaterialien in Abfällen, die generell auch für eine stoffliche Verwertung geeignet wären, werden derzeit aus Kostengründen einer thermischen Verwertung zugeführt. Verbindliche (neue) Recyclingziele wurden bisher nur für bestimmte kunststoffhaltige Abfälle festgelegt, zum Beispiel für Kunststoffverpackungen oder für Elektro- und Elektronikaltgeräte.
- **Um die existierenden Kunststoffrecyclinganlagen wirtschaftlich betreiben zu können, setzen viele Anlagen derzeit importierte Kunststoffabfälle ein**. In bestimmten Bereichen wie bei Kunststoffverpackungen oder bei Gewerbeabfällen kann das Angebot an Einsatzmaterial für Recyclinganlagen durch vertiefte Sortierung und intensiviertere Erfassung (z. B. durch ergänzende Sammelsysteme) erhöht werden beziehungsweise wird eine verstärkte getrennte Erfassung auch durch künftig höhere Recyclingziele erforderlich. In anderen Bereichen, wie zum Beispiel Kunststofffraktionen aus der Aufbereitung von Kühlgeräten ist dies nicht möglich, da das Inlandsaufkommen – selbst bei deutlicher Erhöhung der Sammelquoten – gering ist. Dahingehend kommt der Anlagenstruktur im europäischen Umland im Hinblick auf die Auslastung der Anlagen besondere Bedeutung zu.
- **Bedeutende Treiber und Hemmnisse für verstärktes Recycling von Kunststoffen** werden in den Bereichen der technischen Umsetzung der Sortierung und des Recyclings, der Rechtssicherheit und Schaffung von rechtlichen Rahmenbedingungen (u. a. nationale Umsetzung europäischer Vorgaben) als auch in der Stärkung von Absatzmärkten gesehen. In diesem Zusammenhang sei im Besonderen auf die **Bedeutung des Ökodesigns und die Aufnahme von Anforderungen an die Recyclingfähigkeit im Rahmen der Produktgestaltung** hingewiesen, mit direkter Auswirkung auf Sortierung und Recycling. Zur Stärkung des Markts für Rezyklate sollten verpflichtende **Mindestrezyklatgehalte in weiteren Produkten** in Betracht gezogen werden.
- **Eine Wiederverwendung und ein Recycling von mehr als der Hälfte der generierten Kunststoffabfälle im Jahr 2030 als auch die Wiederverwendung und Recycling von 50 % der Verpackungskunststoffe bis 2025, wie in der geänderten EU-Verpackungsrichtlinie vorgesehen**, ist mit der bestehenden Anlagenstruktur und unter den gegebenen Rahmenbedingungen zur Finanzierung der Sortierung und des Recyclings in Österreich derzeit nicht sichergestellt. Eine Anpassung des rechtlichen Rahmens, unter Einbindung der betroffenen Akteure in der Entsorgungsbranche sowie der Sammel- und Verwertungssysteme zur Umsetzung der Produzentenverantwortung muss möglichst rasch in Angriff genommen werden. Gefordert sind auch die Anlagenbetreiber im Hinblick auf die Anpassung der Anlagen(konfigurationen) an die geänderten (rechtlichen) Rahmenbedingungen.

9 QUELLEN UND VERZEICHNISSE

9.1 Literaturverzeichnis

- BUNDESMINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, ENERGIE, MOBILITÄT, INNOVATION UND TECHNOLOGIE, BMK (2020): Statusbericht 2020 zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS, BMNT (2018): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017.
- BUNDESUMWELTMINISTERIUM, BMU (2018): 5-Punkte-Programm für weniger Plastik und mehr Recycling, veröffentlicht in Müll und Abfall, Ausgabe 1/2019.
<https://www.bmu.de/download/5-punkte-plan-des-bundesumweltministeriums-fuer-weniger-plastik-und-mehr-recycling/>
- Mitteilung der Kommission vom 16.1.2018 an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft (COM(2018) 28 final)
- NEW CIRCULAR ECONOMY ACTION PLAN, EC (2020): For a cleaner and more competitive Europe: https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf
- FACHVERBAND CHEMISCHE INDUSTRIE ÖSTERREICH, FCIÖ (2019): RETHINKING PLASTICS – so wird Österreich zur Vorzeigeregion für nachhaltige Kunststoffkreisläufe: 10 Punkte-Maßnahmenpaket. http://kunststoffe.fcio.at/media/11636/rethinking-plastics-so-wird-oesterreich-zur-vorzeigeregion-fuer-nachhaltige-kunststoffkreislaeufe_final-nach-abstimmung_132019.pdf
- FH CAMPUS WIEN (2019): Circular Packaging Design Guideline: Empfehlungen für recyclinggerechte Verpackungen. https://www.fh-campuswien.ac.at/fileadmin/redakteure/Studium/01_Applied_Life_Sciences/b_Verpackungstechnologie/Dokumente/FH-Campus-Wien_Circular-Packaging-Design-Guideline_V02-final_DE.pdf
- ÖSTERREICHISCHER WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFTSVERBAND, ÖWAV (2018): ÖWAV-Positionspapier „Strategien der österreichischen Recycling- und Abfallwirtschaft“. <https://www.oewav.at/Publikationen?current=323524&mode=form>
- SCHARFF, CHRISTOPH (2005): Das österreichische Verpackungssystem. Perspektiven und Unterschiede zum Dualen System Deutschland. 2005.
- UMWELTBUNDESAMT DEUTSCHLAND (2016): Position zur Steigerung des Kunststoffrecyclings und des Rezyklateinsatzes. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/17_0601_uba_pos_kunststoffrecycling_dt_bf.pdf
- UMWELTBUNDESAMT ÖSTERREICH (2018): Studie zu Kunststoffabfällen in Österreich: Aufkommen und Verbleib.
- VERBAND ÖSTERREICHISCHER ENTSORGUNGSBETRIEBE, VÖEB (2018): VÖEB Positionen für die Zukunft des Kunststoffrecyclings. <https://www.voeb.at/service/voeb-blog/detail/show-article/voeb-positionen-fuer-die-zukunft-des-kunststoffrecyclings/>
- WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH, WKÖ (2017): Nachhaltigkeitsagenda 2018 – 2030 der österreichischen Wirtschaft für Getränkeverpackungen. https://www.wko.at/service/netzwerke/Nachhaltigkeitsagenda-2018_2030.pdf

9.2 Abkürzungsverzeichnis für Bericht und Anhang

| | |
|-------------------|--|
| ABS | Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer |
| AOX | Adsorbierbare Organisch gebundene Halogene |
| ARA | Altstoff Recycling Austria AG |
| ASA | Acrylnitril-Styrol-Acrylat-Copolymer |
| ASR | Anfallstellenregister |
| ATR | Attenuated total reflection (abgeschwächte Totalreflexion) |
| AVV | Abfallverzeichnisverordnung |
| AWG | Abfallwirtschaftsgesetz |
| AWV | Abfallwirtschaftsverband |
| BAWP | Bundes-Abfallwirtschaftsplan |
| CaCO ₃ | Kalziumcarbonat |
| CCD | Charge-coupled device (übersetzt „ladungsgekoppeltes Bauelement“) |
| CFK | Carbonfaser-verstärkte Kunststoffe |
| CSB | Chemischer Sauerstoffbedarf |
| d.h. | das heißt |
| DSC | Differential Scanning Calorimetry |
| EAG | Elektro- und Elektronikaltgerät(e) |
| EBS | Ersatzbrennstoff |
| EEG | Elektrische und elektronische Geräte |
| EPS | Expandiertes Polystyrol |
| FDA | U.S. Food and Drug Administration |
| EFSA | European Food Safety Authority |
| EK | Europäische Kommission |
| EU | Europäische Union |
| Fe-Metall(e) | Eisenmetall(e) |
| FCKW | Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe |
| FTIR | Fourier-Transform-Infrarotspektrometer bzw. Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer |
| GPP | Green Public Procurement |
| GFK | Glasfaserverstärkter Kunststoff |
| GVK | Getränkeverbundkarton(e) |
| HBCD | Hexabromcyclododecan |
| HFCKW | Halogenierte Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe |
| HDPE | Hart-Polyethylen (englisch: High Density Polyethylen) |
| HIPS | High impact polysterene (hochschlagfestes Polystyrol) |
| HSI | Hyperspectral-Imaging |
| i.d.R. | in der Regel |

| | |
|--------------|---|
| IRD | Infrarot-Drehrohr |
| ISS | Induktions-Sortiersystem |
| IR | Infrarot |
| I.V. | Intrinsische Viskosität |
| KSS | Kombinations-Sortiersystem |
| LDPE | Weich-Polyethylen (englisch: Low Density Polyethylen) |
| LLDPE | Lineares Polyethylen niederer Dichte (englisch: Linear Low Density Polyethylen) |
| LKW | Lastkraftwagen |
| MFR | Schmelzflussrate (früher Schmelzflussindex), Melt Flow Rate |
| MFI | Schmelze-Massefließrate, Melt Flow Index |
| MKF | Mischkunststofffraktion |
| NE-Metall(e) | Nichteisenmetall(e) |
| NIR | Nah-Infra-Rot |
| OECD | Organization for Economic Cooperation and Development |
| PA | Polyamid |
| PA6 | Polyamid 6 |
| PAK | Polyzyklisch Aromatische Kohlenwasserstoffe |
| PBDE | Polybromierte Diphenylether |
| PBT | Polybutylenterephthalat |
| PC | Polycarbonat |
| PE | Polyethylen |
| PET | Polyethylenterephthalat |
| PE-X | Vernetztes Polyethylen (englisch: crosslinked polyethylene) |
| PLA | Polylactid |
| PMMA | Polymethylmethacrylat |
| PO | Polyolefin |
| POM | Polyoxymethylen |
| POPs | Persistent organische Schadstoffe |
| PP | Polypropylen |
| PPK | Papier-Pappe-Karton |
| PPS | Polyphenylsulfid |
| PS | Polystyrol |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| RL | Richtlinie |
| RoHS | Restriction of Hazardous Substances |
| SN | Schlüsselnummer |
| SSP | Solid State Process |
| SUP | Single-used-plastics |
| TBS | Tracer-basiertes Sortieren |

| | |
|-------|--|
| TGA | Thermogravimetrische Analyse |
| THz | Terahertz |
| TPE | Thermoplastische Elastomere |
| TPU | Thermoplastisches Polyurethan |
| u. a. | unter anderem |
| URRC | United Resource Recovery Corporation |
| UV | Ultraviolettstrahlung |
| v. a. | vor allem |
| VIS | Visuelle Spektroskopie |
| VKS | Verpackungskoordinierungsstelle |
| VO | Verordnung |
| VOC | Flüchtigen organischen Verbindungen |
| XRF | X-ray fluorescence spectroscopy, Röntgenfluoreszenzanalyse |
| XRT | Röntgentransmissions-Messung |
| z. B. | zum Beispiel |

9.3 Rechtsmaterien mit Verweisen

National

Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (**Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002**) StF: BGBl. I Nr. 102/2002 idF BGBl. I Nr. 24/2020

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen (**Recycling-Baustoffverordnung – RBV**) StF: BGBl. II Nr. 181/2015 idF BGBl. II Nr. 290/2016

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über ein Abfallverzeichnis (**Abfallverzeichnisverordnung**) StF: BGBl. II Nr. 570/2003 idF BGBl. II Nr. 498/2008

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von Altfahrzeugen (**Altfahrzeugeverordnung**) StF: BGBl. II Nr. 407/2002 idF BGBl. II Nr. 144/2018

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (**Elektroaltgeräteverordnung – EAG-VO**) StF: BGBl. II Nr. 121/2005 idF BGBl. II Nr. 173/2019

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Abfallbehandlungspflichten (**AbfallBPV**) StF: BGBl. II Nr. 102/2017

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Jahresabfallbilanzen (**AbfallbilanzV**) StF: BGBl. II Nr. 497/2008

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend über die Verbrennung von Abfällen (**Abfallverbrennungsverordnung – AVV**) StF: BGBl. II Nr. 389/2002 idF BGBl. I Nr. 127/2013

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung (**AEV Abfallbehandlung**) StF: BGBl. II Nr. 9/1999 idF BGBl. II Nr. 128/2019

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (**Deponieverordnung 2008 – DVO 2008**) StF: BGBl. II Nr. 39/2008 idF BGBl. II Nr. 291/2016

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Warenresten (**Verpackungsverordnung 2014**) BGBl. II Nr. 184/2014 idgF

Europäisch

Durchführungsbeschluss (EU) 2018/1147 der Kommission vom 10. August 2018 über Schlussfolgerungen zu den **besten verfügbaren Techniken (BVT)** gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates für die **Abfallbehandlung**

Entscheidung der Kommission 2000/532/EG vom 3. Mai 2000 zur Ersetzung der Entscheidung 94/3/EG über ein **Abfallverzeichnis** gemäß Artikel 1 Buchstabe a) der Richtlinie 75/442/EWG des Rates über Abfälle und der Entscheidung 94/904/EG des Rates über ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle im Sinne von Artikel 1 Absatz 4 der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle (zuletzt geändert durch Beschluss der Kommission 2014/955/EU Beschluss der Kommission vom 18. Dezember 2014 zur Änderung der Entscheidung 2000/532/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates)

Mitteilung der Kommission COM(2015) 614 final an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft (**EU Kreislaufwirtschaftspaket**)

Mitteilung der Kommission COM(2018) 28 final an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft (**EU Kunststoffstrategie**)

Mitteilung der Kommission COM(2019) 640 final an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Der europäische Grüne Deal (**EU Green Deal**)

Mitteilung der Kommission COM(2020) 98 final an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – **Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft**: Für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa

Richtlinie 2011/65/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Juni 2011 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (**EU RoHS-Richtlinie**)

Richtlinie 2019/904/EU über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt (**EU-Richtlinie über Einwegkunststoffe**)

Richtlinie (EU) 2018/851 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle (**EU-Abfallrahmenrichtlinie**)

Richtlinie (EU) 2018/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 94/62/EG über Verpackungen und Verpackungsabfälle (**EU-Verpackungsrichtlinie**)

Richtlinie (EU) 2012/19 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 über **Elektro- und Elektronik-Altgeräte**

Richtlinie (EU) 2000/53, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2018/849/EU, des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge (**EU-AltfahrzeugeRL**)

Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2006 über die Verbringung von Abfällen
(EU-Abfallverbringungsverordnung)

Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission
(EU-REACH-Verordnung)

Verordnung (EG) Nr. 1021/2019 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über persistente organische Schadstoffe **(EU-POP-Verordnung)**

Verordnung (EU) Nr. 10/2011 der Kommission vom 14. Januar 2011 über Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen

Verordnung (EG) Nr. 64/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Oktober 2005 über die Typgenehmigung für Kraftfahrzeuge hinsichtlich ihrer Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates

Verordnung (EG) Nr. 2150/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2002 zur Abfallstatistik **(EU-AbfallstatistikVO)**

10 ANHANG ANLAGENBESCHREIBUNGEN ZU SORTIERANLAGEN UND RECYCLINGANLAGEN

Siehe eigenes Dokument als Anhang.