

Sonderdruck aus

Aufbereitungs-Technik



Verlag für Aufbereitung, 6200 Wiesbaden
Wittelsbacherstraße 10
Telefon (0 61 21) 7 47 65, FS 04-186 792

Zeitschrift für AUFBEREITUNG und VERFAHRENSTECHNIK

Journal for PREPARATION and PROCESSING

27. Jahrgang (1986) · Heft 9 · Seite 489–494

Wirtschaftliche Kunststoffrückgewinnung aus kommunalen und industriellen Abfällen

Economic recovery of plastics from urban and industrial waste

Récupération économique de matières plastiques contenues dans des ordures communales et industrielles

Recuperación económica de materias plásticas contenidas en los desechos municipales e industriales

Dr.-Ing. G. Ropertz, AKW GmbH, Hirschau

Wirtschaftliche Kunststoffrückgewinnung aus kommunalen und industriellen Abfällen

Economic recovery of plastics from urban and industrial waste

Zusammenfassung

Nicht zuletzt aus ökologischer Sicht ist es höchst wünschenswert, die in privaten und öffentlichen Haushalten sowie bei gewerblichen Weiter- und Endverarbeitern entstehenden Kunststoffabfälle sinnvoll und wirtschaftlich recyceln zu können. Anhand von Beispielen wie einem Verfahren zur Aufbereitung von Polyolefinen (Polyäthylen, Polypropylen) aus vermischten Abfällen sowie einem Verfahren zur Polyäthylenterephthalat-Rückgewinnung (PET) aus Flaschen- und Filmmaterial wird aufgezeigt, daß durchaus auch Kunststoffe aus heterogenen Gemischen technisch und wirtschaftlich in Wertstoffkreisläufe rückführbar sind. — Zum Teil werden zur Aufbereitung einige aus der klassischen Aufbereitungstechnik bekannte Verfahrensschritte eingesetzt, zum Teil wird der Aufbereiter jedoch auch mit für ihn neuen und auf den ersten Blick artfremden Technologien konfrontiert. In diesem Beitrag soll vor allem die Wirtschaftlichkeit derartiger Aufbereitungsverfahren herausgestellt werden, wobei ein strukturelles Umdenken in Bezug auf Sammelsysteme für Wertstoffe sowie die geeignete Sekundärnutzung, d.h. Markterschließung dieser Stoffe eine wesentliche Rolle spielen. — Speziell bei den Kunststoffabfällen ist das Wissen über anfallende Mengenströme sowie über die Marktmöglichkeiten der erzeugten Produkte entscheidend für die Entwicklung und den Bau von entsprechenden Aufbereitungsanlagen.

Résumé

Il est très souhaitable, notamment du point de vue écologique, de pouvoir recycler, de façon raisonnable et économique, les déchets de matières plastiques, produits dans les ménages ainsi que dans les industries de transformation et de production. L'auteur nous montre, à l'aide d'exemples, tels qu'un procédé de préparation de polyoléfinas (polyéthylène, polypropylène), provenant de déchets mélangés, ainsi qu'un procédé de récupération de polytéraphthalate d'éthylène (PETP), de bouteilles et de matériel cinématographique, qu'il est tout à fait possible, des points de vue technique et économique, de recycler des matières plastiques de mélanges hétérogènes dans des circuits de matières de valeur. — D'une part, on emploie pour la préparation certaines étapes technologiques connues de la technique de préparation conventionnelle, mais d'autre part le technicien de la préparation sera confronté également avec des technologies nouvelles qui, à première vue, lui paraîtront étranges. L'auteur du présent article traite, tout d'abord, de souligner la rentabilité de tels procédés de préparation. A ce sujet, on a besoin d'une nouvelle orientation en ce qui concerne les systèmes collecteurs de matières de valeur et la mise au profit secondaire, c'est-à-dire la commercialisation de ces matières. — Surtout dans le cas des déchets de matières plastiques, la connaissance des courants de matériaux et des possibilités qu'offre le marché aux différents produits est d'une importance décisive pour la mise au point et la construction des installations de préparation.

Summary

Not least under ecological aspects, it should be our ambition to recycle efficiently plastic waste being obtained in private and public households, or in the manufacturing and finishing industries. The examples of a process for processing polyolefines (polyethylene, polypropylene) from compound waste, and of a process for recovering polyethyleneterephthalate (PET) from bottle and film material will show that even plastics from heterogeneous compounds can be recycled economically on an industrial scale. — In part, well-known processing stages from the classic processing technology will be used. Yet, the processing engineer will also be faced with new technologies which may seem alien at first sight.

This article is to present clearly the economy of such processing methods. Of primary importance in this context is reorient the approach to systems of collecting valuable waste, as well as to its appropriate secondary use, i.e. to open markets for these materials. — Particularly, in the case of plastic waste, the knowledge of volumes as they become available, as well of the marketability of the yielded products is of decisive influence on the design and construction of adequate processing plants.

Resumen

Es sumamente deseable, sobre todo del punto de vista ecológico, el poder reciclar, de forma razonable y económica, los desechos de materias plásticas, producidos en los hogares así como en las industrias transformadoras y productoras. El autor demuestra, con la ayuda de ejemplos, tales como un procedimiento de preparación de poliolefinas (polietileno, polipropileno), procedentes de desechos mezclados, así como un procedimiento de recuperación de tereftalato de polietileno (PETE), de botellas y de material cinematográfico, que es perfectamente posible, técnica y económicamente, reciclar materias plásticas de mezclas heterogéneas, en circuitos de materias valiosas. — En parte se emplean para la preparación algunas etapas tecnológicas conocidas de la técnica de preparación clásica, en parte el técnico de la preparación se verá confrontado también con tecnologías nuevas que a primera vista le parecerán extrañas. En este artículo se trata, sobre todo, de destacar la rentabilidad de tales procedimientos de preparación, siendo importante orientar el pensamiento en otro sentido, en lo que se refiere a los sistemas colectores de materias valiosas y al aprovechamiento secundario apropiado, o sea a la comercialización de estas materias. — Sobre todo en el caso de los desechos de materias plásticas, el conocimiento de los caudales de material y de las posibilidades que ofrece el mercado para los diferentes productos es de importancia decisiva para el desarrollo y la construcción de las instalaciones de preparación.

Einleitung

Nicht zuletzt die Ölkrise, zunehmende Umweltbelastung, steigende Deponiekosten sowie abnehmende Deponiekapazitäten führten zu der Erkenntnis, daß unsere Rohstoffe nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen. Mit dieser Erkenntnis wurde seit Beginn der 70er Jahre besonders in den Industriestaaten damit begonnen, nicht nur Glas und Papier sondern auch in zunehmendem Maße Metalle und Kunststoffe in sinnvolle Wertstoffkreisläufe zurückzuführen¹⁾.

In vielen Bereichen der Privaten und öffentlichen Wirtschaft sowie beim weiterverarbeitenden Gewerbe fallen jährlich große Kunststoffmengen an, deren Verarbeitung oft große Schwierigkeiten bereitet, da diese meist nicht sortenrein oder mineralisch verschmutzt anfallen. Besonders große Mengen resultieren aus Landwirtschaft, Handel (Verpackungen) und privaten Haushaltungen²⁾.

Recycling von Polyäthylen aus Hausmüll und Abfällen aus Industrie und Handel

Situation

Sogenannte „Abfälle“ aus Haushaltungen sowie aus Industrie und Handel werden durch private und öffentliche Entsorgungsunternehmen „entsorgt“. Das bedeutet: — In zunehmendem Maße kommen neben der Deponie oder der Müllverbrennung Sortieranlagen zum Einsatz, die aus einem scheinbaren „Abfall“ Sekundärwertstofffraktionen wie z. B. Papier, Glas, Metalle und Kunststoffe aussortieren und somit einen erneuten Sekundärkreislauf ermöglichen; **Bild 1** zeigt prinzipiell den Aufbau derartiger Sortieranlagen.

Die in Mischungen vorliegenden Abfälle aus dem kommunalen Bereich resultieren aus Containersammlungen sowie aus selektiven Sammlungen in zwei getrennten Müllbehältern, wobei hier ein Behälter für Bio-Abfälle, der zweite für „Wertstoffmüll“ benutzt wird. Dieser Behälter ist weitläufig als „grüne Tonne“ bekannt.

Das Rückführen bzw. die Aufbereitung im Wertstoffkreislauf für Glas, Papier, Kartonagen, Metalle und Holz wird inzwischen seit Jahren praktiziert. Das Sorgenkind ist bis heute die aus Sortieranlagen in Ballen abgepreßte Kunststoffgemischfraktion. Allein im Jahr 1985 wurden in Deutschland ca. 17 000 t Kunststoffgemischfraktion aus Sortieranlagen abgepreßt und liegen auf Halde.

Introduction

Not least the oil crisis, the growing environmental pollution, increasing dumping costs and receding dumping capacities made us realize that the raw material reserves are limited. Especially in the industrial states, it has, therefore, been started since the early seventies to recycle efficiently not only glass and paper, but, to an increasing degree, also metals and plastics¹⁾.

In many private and public business sectors, as well as in the processing industries, a great lot of plastics are obtained every year. These plastics are often hard to process, because they have — for the most part — either widely varying quality characteristics, or are minerally contaminated. Extremely large quantities are obtained from farming, trading (packages) and private households²⁾.

Recycling of polyethylene from garbage and industrial and trade waste

Situation

Socalled “waste” from private households, as well as from industry and trade are “disposed” by private and public waste disposers. — To an increasing degree, the waste is not exclusively dumped or incinerated, but further processed in plants where recycable material, such as paper, glass, metals and plastics are separated from apparent “waste”. The design of such separating plants, which allow to recycle valuable waste again, is shown in **Fig. 1**.

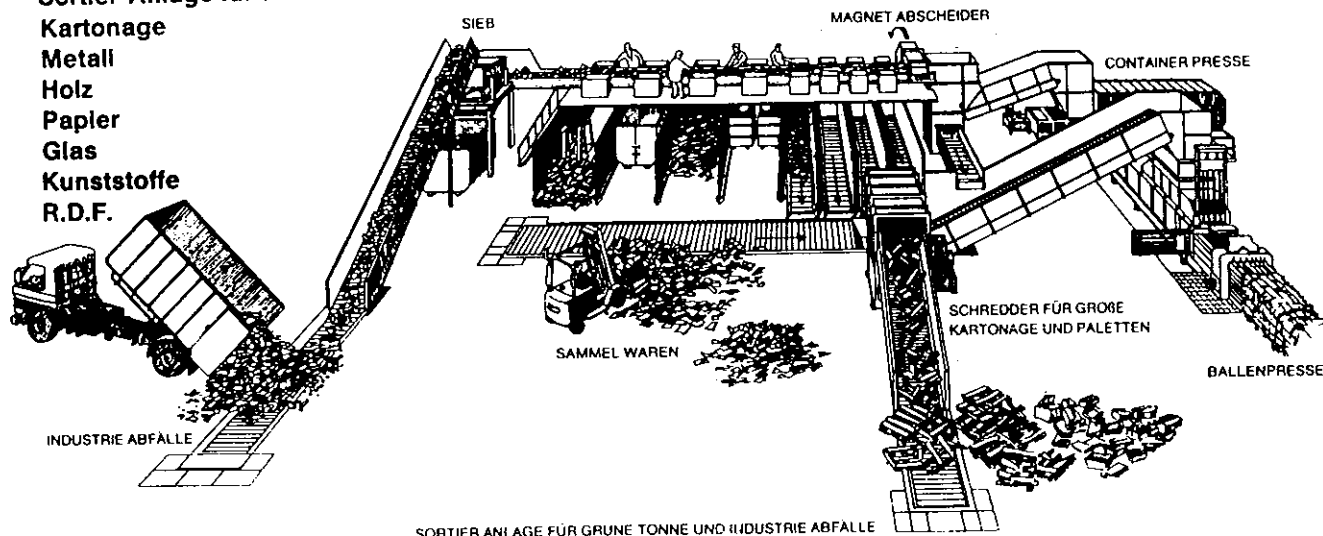
The compound urban waste is obtained from container collections, and from selective collections in two separate dustbins, one of which contains biological waste, and the other “valuable waste”. The latter is generally known as “green ton”.

The recycling and processing of glass, paper, cardboards, metals and wood has been practised for years now. The problem has been till today the plastic compounds which are pressed into bales in the separating plants. In 1985, approximately 17,000 tonnes of plastic compounds were pressed already into bales in West-German separating plants, and are still on dump.

Fig. 2 shows the valuable waste quantities obtained from garbage as a function of the “disposed” number of inhabitants. Depending on the throughput capacities of the sepa-

Sortier-Anlage für u.a.:

Kartonage
Metall
Holz
Papier
Glas
Kunststoffe
R.D.F.



Sortier-Anlage für u.a.
Kartonage
Holz
Glas
Industrieabfälle
Sieb
Metall
Papier
Kunststoffe

— Separating plant for a.o.
— cardboard
— wood
— glass
— industrial waste
— screen
— metal
— paper
— plastics

Magnetabscheider
Container Presse
Sammelwaren
Sortieranlage für grüne Tonne
und Industrieabfälle
Schredder für grobe Kartonage
und Platten
Ballenpresse

— magnetic separator
— container Press
— collecting material
— separating plant for green ton
and industrial waste
— shredder for coarse cardboards
and pallets
— bale press

Bild 1: Sortieranlage für Kommunal- und Industrieabfälle, System Boa

Fig. 1: Separating plant for urban and industrial waste, Boa-system

Bild 2 zeigt die in Abhängigkeit von der entsorgten Einwohnerzahl anfallenden Wertstoffmengen aus Hausmüll, wobei in Abhängigkeit von den Durchsatzmengen der Sortieranlagen ein Anteil von 6,6% im Bundesmittel Kunststoffgemisch resultiert.

Bis 1988 wird in Deutschland bei einer Wertstoffentsorgung von ca. 10 Mill. Einwohnern mit einer Kunststoffmenge von 60000 t/a gerechnet.

Aufbereitungsverfahren für Kunststoffgemische Marktübliche Sortieranlagen arbeiten mit Durchsätzen von 20000–90000 t/a, wobei 1500–6000 t/a Kunststoffgemisch, meist in Ballen abgepreßt, resultieren (siehe Bild 2).

Diese Kunststoffgemische aus Hausmüll bestehen zu ca. 65% aus Polyäthylen (PE), davon bis zu 5% Polypropylen (PP), weiterhin zu ca. 15% aus Polystyrol (PS), 10% PVC und einem Anteil von ca. 5% aus andersartigen Kunststofftypen.

In dem in **Bild 3** dargestellten Aufbereitungsverfahren wird nun die Polyolefinefraktion (ca. 65%) bis zu einem verkaufsfähigen Granulat aufbereitet, als zweite Wertfraktion resultiert ein zu hohen prozentualen Anteilen aus PS und PVC bestehendes Gemisch.

Die im weiteren beschriebene Anlage verarbeitet 4000–6000 t/a Kunststoffgemische. Die Ausstoßleistung an PE bzw. Polyolefineprodukt liegt — abhängig von den prozentualen Anteilen anderer Kunststofftypen — bei 3000–4000 t/a.

Die Ballenware gelangt über ein Bandsystem 1 zu einem Vorzerkleinerer 2. Das aufgelockerte, vorzerkleinerte Gemisch wird über Förderbänder 3 und einem Magnetscheider 4 einer Mühlenstation 6 zugeführt, wobei in einem Voredimentbecken 5 größere mineralische Verschmutzungen abgeschieden werden. Die Mühle arbeitet mit Zusatz von Wasser, um über hohe Friktion einen Vorwascheffekt zu erzielen, ebenso dient das Wasser zur Kühlung. Das nun in Schnitzelform vorliegende Kunststoffgemisch wird in einem Verweilbecken 7 bei einstellbarer Verweildauer gewaschen. Anschließend erfolgt die Separierung über Hydrozyklone 8, 9, 10, 11 in eine Schwerfraktion (PS, PVC und andere) und eine Leichtfraktion (PE, evtl. bis 5% PP)³⁾.

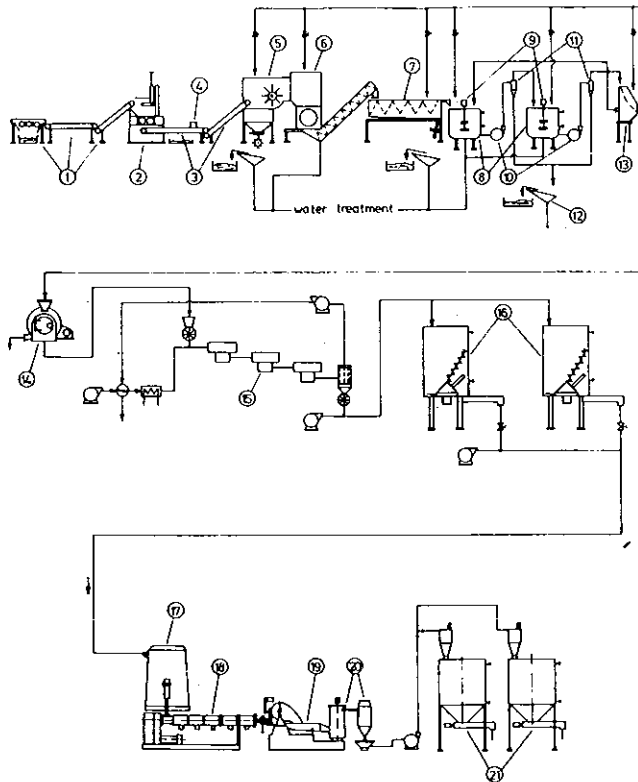
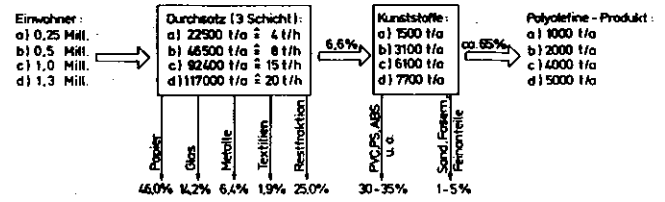


Bild 3: Aufbereitung von PE, System AKW
Fig. 3: Processing of PE, AKW-system



Anfallendes Kunststoffgemisch in Deutschland bis 1988 | Wertstoffentsorgung von 10,2 Mill. Ew | 909000 t/a Wertstoffmüll (aus der Wertstofftonne) | ca. 60000 t/a Kunststoffgemisch

Entsorgungssystem: Wertstofftonne —
Disposing system: valuable waste ton

Zusammensetzung: Wertstoffgemisch gesammelt in „grüner Tonne“ (Trockenmüll)
— Composition: valuable waste compound collected in “green ton” (dry waste)

Durchschnitt	— average
Durchsatz	— throughput
Kunststoffe	— plastics
Papier	— paper
Metalle	— metals
Restfraktion	— residual fraction
Einwohner	— inhabitants
Schicht	— shift
Polyolefine-Produkt	— polyolefine product
Glas	— glass
Textilien	— textiles
Sand, Fasern, Feinanteile	— sand, fibres, fines

Anfallendes Kunststoffgemisch in Deutschland bis 1988 (Wertstoffentsorgung von 10,2 Mill. Ew)
Plastic Compound obtained in West Germany by 1988 (Valuable waste disposal of 10.2 million inhabitants)

909000 t/a Wertstoffmüll (aus der Wertstofftonne) = ca. 60000 t/a Kunststoffgemisch
909,000 t/a valuable waste (from the valuable waste ton) = approx. 60,000 t/a plastic compound

Bild 2: Zusammensetzung Wertstoffgemisch aus der „grünen Tonne“
Fig. 2: Components of the valuable waste compound from the green ton

rating plants, the resultant figure for plastic compounds is 6.6 percent on an average in the Federal Republic.

By 1988, the quantity of plastics obtained from disposing the waste of about 10 million inhabitants is expected to reach 60,000 tonnes per year.

Processing techniques for plastic compounds

Standard separating plants have throughput capacities of 20,000 tonnes to 90,000 per year. The resultant quantities of plastic compounds are in the order of 1,500 to 6,000 tonnes per year. They are — for the major part — pressed into bales (Fig. 2).

These plastic compounds from garbage consist of about 65 percent of polyethylene (PE), 5 percent of which is polypropylene (PP), of about 15 percent of polystyrene (PS), 10 percent of PVC and another 5 percent of other plastic types.

The polyolefines (approximately 65 percent) are processed in accordance with the method shown in Fig. 3 into a marketable pellet. The second marketable product which is obtained is a compound with high percentages of PS and PVC.

The below described plant processes 4,000 to 6,000 tonnes of plastic compounds per year. Depending on the percentage of other plastic types, the annual output of PE and polyolefine products is about 3,000 to 4,000 tonnes.

The bales are conveyed on a belt system 1 to a grinder 2. The loosened, grinded compound is led to a granulator 6 via belt conveyors 3 and a magnetic separator 4. Coarse mineral contaminations are separated from the compound in a settling tank 5. The granulator is run with water for the purposes of achieving a prewashing effect through great friction on the one hand, and of cooling on the other hand. The plastic compound is obtained in form of flakes which are washed in a settling tank 7 with a defined time of residence. The material is subsequently separated in hydrocyclones 8, 9, 10, 11 into a heavy fraction (PS, PVC and others) and a light fraction (PE, probably up to 5 percent of PP)³⁾.

Die Schwerfraktion wird entwässert 12. Zur Zeit wird untersucht, inwieweit diese Fraktion über Schwertrübezyklonstufen in weitere Einzelkunststofftypen sinnvoll getrennt werden kann⁴⁾. Eine weitere Möglichkeit bietet das Verpressen unter Hitze, um über einen Matrix-Kunststoff PVC oder PS die Mischung zu „gesinterten“ Platten zu verarbeiten.

Die Leichtfraktion enthält neben PE je nach Aufgabeszusammensetzung noch geringe Anteile PP, welches jedoch gegenüber PE artverwandt ist. Diese Schnitzel der Leichtfraktion werden einer Zentrifugalentwässerung 13, 14 zugeführt und über eine thermische Trocknung 15 bis auf Restfeuchten von 0,2–0,4% getrocknet. Vor der thermischen Aufbereitung über die Schmelze in einem Extruder wird das getrocknete Schnitzelgut vorsiliert 16 und über Rührorgane intensiv gemischt, um Homogenität des Vorproduktes zu gewährleisten. Über ein Stopfwerk 17 wird das Schnitzelgut einem Extruder 18 zugeführt, welcher über die Schneckenlänge durch mehrere Heizelemente, die in der Temperaturführung unabhängig steuerbar sind, beheizt wird⁵⁾. Das eintretende Material wird unter Hitze plastifiziert; in einem drucklosen Entgasungsteil werden flüchtige Bestandteile wie Luft, Wasserdampf, Oxidationsprodukte aufgrund von Druckfarben z. B. auf Basis Nitrocellulose sowie monomere Restanteile über ein Vakuum abgezogen. Am Ende des Extruders befindet sich ein Schmelzefilter (gängige Siebgrößen: 200–2000 Maschen/cm²), um Restverunreinigungen aus der Schmelze mit einem automatischen Siebwechsler zurückzuhalten. Dabei ist die Zeit zwischen zwei Siebwechseln ein Maß für die Restverunreinigung der Schmelze in Abhängigkeit von der Siebmaschenweite.

Über rotierende Messer wird die über Strangdüsen austretende Schmelze direkt abgeschlagen 19. Die noch heißen Granulate werden durch Wasserbedüsung vorgekühlt und gelangen über eine Kühlstrecke zu einem Zentrifugalentwässerer 20. Von dort aus kann das granuliert Produkt über pneumatische Fördersysteme siliert 21 oder abgesackt werden.

Perspektiven

Die Produktionskosten des beschriebenen Prozesses liegen bei DM 0,60/kg erzeugtes Granulat. Bild 4 zeigt gegenüberstellend die Preissituation für HDPE, LDPE und PP in den letzten fünf Jahren (Neuware).

Es wird deutlich, daß bei einer Gesamtkunststoffverarbeitung in Deutschland im Jahre 1985 von ca. 6,2 Mill t ein realistisches Marktpotential für Regenerate besteht, zumal in dieser Gesamtmenge PE den Hauptanteil einnimmt. — Würde nur 1% Neuware durch Regenerat substituiert, bedeutet dies schon ein Marktpotential von ca. 60000 t/a.

Natürlich kann mit diesem Regenerat in den meisten Fällen keine Folienware produziert werden; weiterhin wird zwangsläufig meist eine Granulatfarbe produziert, die sich aus der Mischung der bunten Schnitzel ergibt. — Für den Bereich der technischen Teile mit geringeren Anforderungen an Farbe bzw. physikalischen Eigenschaften ergeben sich jedoch für kunststoffverarbeitende Betriebe, besonders Spritzgießbetriebe nicht zuletzt auch aufgrund der angeführten Preisspannen zwischen Neuware und Regenerat interessante Perspektiven.

Die grundsätzliche Akzeptanz des inzwischen schon in Großchargen produzierten PE-Regenerates aus Hausmüll ist gegeben. Die Schmelzindizes MFI 190/2,16 des aufbereiteten Produktes liegen zwischen 0,6 und 0,7 g/10 min, die Dichte bei 0,94–0,96 g/m³ und damit in tolerierbaren Grenzen.

Noch in diesem Jahr wird die erste großtechnische Anlage in Kombination mit einer Vorsortieranlage neben einer Mülldeponie gebaut. Das in der Deponie austretende Deponiegas (ca. 900 kWh) wird zum Betreiben der Kunststoffaufbereitungsanlage genutzt. — Gerade die Kombination — bei einer möglichst vollständigen „Entsorgung“ — von Wertstoffrückgewinnung und Deponie bietet dem Entsorgungsunternehmen in logischer Konsequenz ein Höchstmaß an Nutzung von Wertstoffen durch Rückführung in Wertstoffkreisläufe sowie Nutzung von Energie aus Deponiegas sowie einer denkbaren Verbrennungsanlage für brennbare Reststoffe.

The heavy fraction is dewatered 12. At present, it is tried to find out whether this fraction can be efficiently separated into further individual plastic types over dense medium cyclone stages⁴⁾. It would also be possible to sinter the compound under heat and pressure into plates via a matrix-plastic PVC or PS.

Besides PE, the light fraction also contains small percentages of PP — depending on the feed components — which is, however, of PE-related type. These flakes of the light fraction are led to dewatering centrifuges 13, 14 and are thermally dried 15 to a residual moisture of 0.2 to 0.4 percent. Prior to being thermally processed in form of being melted in an extruder, the dried flakes are ensilaged 16 and mixed thoroughly by agitators in order to make safe that the semi-finished product is homogeneous. A feeder 17 supplies the flakes to an extruder 18, which is heated over the whole screw length by several heating elements whose temperatures can be controlled separately⁵⁾. The feed material is plastified under heat; in a pressureless vent zone the volatile components, such as air, vapour and oxydation products resulting from printing ink — e.g. on a nitrocellulose basis —, as well as monomere residues are removed through a vacuum. At the end of the extruder is a melt filter (standard screen sizes: 200 to 2,000 meshes per square centimeter) which retains residual contaminations from the melt. This screen is exchanged by an automatic screen exchanger in the case of excessive pressure increase. The interval between two screen changes is a measure for the residual contamination of the melt in dependence on the screen mesh width.

The melt emerging from extrusion nozzles is directly cut via rotating blades 19. The hot pellets are sprinkled with water for primary cooling purposes, and are conveyed on a cooling path to a dewatering centrifuge 20. From there, the pelletized product may either be ensilaged 21 via pneumatic conveying systems or sacked.

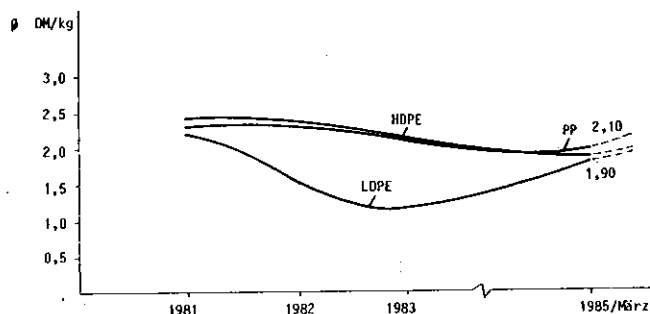


Bild 4: Preissituation Neuware PE, PP, Quelle IKV

Fig. 4: Prices for virgin material PE, PP, source: IKV

Perspectives

The production costs of the described process amount to DM 0.60 per kilogram of pellet yield. Fig. 4 gives a comparison of the prices for HDPE, LDPE and PP in the past five years (virgin material).

It becomes clear that, in view of a total plastics production of 6.2 million tonnes in West Germany in 1985, a realistic market potential for regenerates does exist, especially as their major part consists of PE. — If only 1 percent of the virgin material was substituted by regenerates this would equal a market share of about 60,000 tonnes per year.

Of course, it is, in most of the cases, impossible to produce sheeting from this regenerate. Moreover, mostly one pellet colour will be produced being composed of the different flake colours. — As far as technical materials are concerned, the regenerates open up new vistas for the plastic processing industries, particularly for injection moulding, not least for reasons of the aforementioned price spread between virgin material and regenerate.

Recycling von PET aus Flaschen- und Filmmaterial

Situation

Ein weiteres technisch und wirtschaftlich interessantes Feld bietet die Rückgewinnung von Polyäthylenterephthalat (PET) aus Flaschen- und Filmmaterial (Röntgenfilme usw.) (Bild 5).



Bild 5: PET-Flaschen (Photo Nissai)

Fig. 5: PET-bottles, Nissai-photo

Dieses Material hat inzwischen Märkte wie die USA, Australien, Südafrika, Teile Süd- und Mittelamerikas sowie Westeuropa erobert und bietet gegenüber Glas einige wesentliche Vorteile: PET ist glasklar, leicht (PET-Flasche: Glas-Flasche 1:20), bricht nicht, verhält sich geschmacks- und geruchsneutral und emittiert auch bei Verbrennung keine toxischen Stoffe. Bild 6 zeigt den um ca. 22% steigenden Weltverbrauch an PET in den letzten Jahren.

Allein in Westeuropa werden inzwischen aus 70000 t PET ca. 1,4 Milliarden Flaschen pro Jahr produziert, davon in Großbritannien ca. 45000 t/a⁶⁾. In fünf Jahren schon wird die Flaschenmenge in Europa auf 3,8 Milliarden geschätzt mit einem Primärrohstoffwert von über DM 750 Mill. — Eine Wiederaufbereitung dieser Flaschen ist, wie aus der folgenden Darstellung hervorgeht, hochinteressant, jedoch wie auch schon im vorangegangenen erwähnt, wiederum abhängig von Sammelstrukturen, Pfandsystemen usw., um die leeren Flaschen an zentrale Punkte, möglichst abgepreßt in Ballen, zurückzuführen und somit eine Rückgewinnung von PET zu ermöglichen.

Das Aufbereitungsproblem besteht nun darin, PET sortenrein, d.h. separiert von AL- oder PE-Verschlußkappen, Papieretiketten sowie Bodenteilen aus PE rückzugewinnen, zu extrudieren und zu granulieren, um ein marktfähiges Produkt zu erzeugen. Der Marktpreis für aufbereitetes PET liegt bei ca. DM 2,45/kg gegenüber einem Neupreis von ca. DM 4,00/kg. — Diese erhebliche Preisdifferenz erlaubt nun eine viel breitere Verwendung von PET in Bereichen, wo bislang aus Preisgründen andere Kunststoffe mit oftmals nicht so guten spezifischen Eigenschaften eingesetzt werden⁷⁾.

Aufbereitung von PET

Aus oben erwähnten Gründen wurden Aufbereitungsverfahren in Kooperation mit einer britischen Firma zur Rückgewinnung von PET aus Flaschen- und Filmmaterial entwickelt. Bild 7 zeigt die anfallenden Mengenströme in Plas/PET-Aufbereitungsanlagen zur Produktion von ca. 1500 t/a bzw. 3000 t/a PET-Granulat.

Der Aufbereitungsstammbaum führt über Zerkleinerungsschritte, naßmechanische Trennstufen zur Separierung von PE und Papier sowie von Sand und Feinstkorn aus der Mühle. Anschließend erfolgt eine Trocknung mit gleichzeitiger Teilkristallisierung der PET-Schnitzel, bevor Al elektrostatisch abgeschieden wird. — Einige Flaschen sowie Röntgenfilme sind mit einer dünnen PVDC-Schicht beschichtet. Diese Beschichtung wird über einen chemischen Löseschritt entfernt, wobei dieser sehr entwicklungs-

The PE-regenerate from garbage, which is already produced on a large pilot-scale today, is basically accepted. The melt-flow indexes MFI 190/2, 16 of the processed product vary between 0.6 and 0.7 g/10 minutes, while the density amounts to 0.94 to 0.96 g/cm³, which means that they are within tolerable limits.

Still this year, the first plant will be built on an industrial scale in combination with a pre-separating plant beside a waste dump. The gas emissions (approximately 900 kWh) from the dump will be used for running the plastic processing plant. — The very combination — in the case of far-reaching "waste disposal" — of valuable waste recycling and dumping offers the disposers — as a logical consequence — the maximum degree of utilization in the form of recycling, using the dump gas as source of energy, and the probable combustion of combustible residual materials in a plant to be built.

Recycling of PET from bottle and film material

Situation

Another field of interest from the viewpoints of engineering and economy is the recycling of polyethyleneterephthalate (PET) from bottle and film material (X-ray films a. o.) (Fig. 5).

This material has, meanwhile, conquered the markets of the U.S.A., Australia, South-Africa, parts of Latin and Central America, as well as of Western Europe. It has considerable advantages over glass: PET is transparent, light (PET bottle to glass bottle = 1 to 20), does not break, is neutral as to taste and smell, and does not emit any toxic materials during combustion. Fig. 6 shows the world PET-consumption which increased by about 22 percent in the past years.

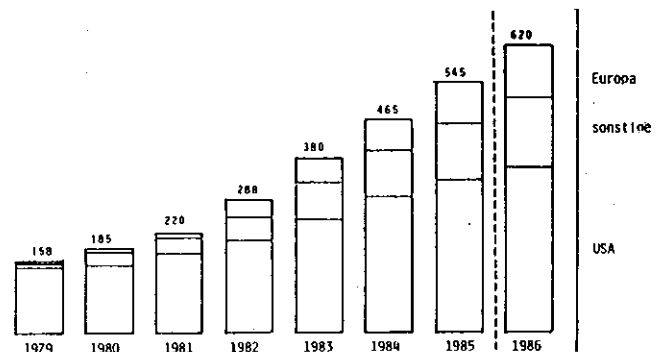


Bild 6: PET Verbrauch weltweit, Quelle ICI (in 1000 t)

Fig. 6: PET consumption Worldwide, source: ICI (in 1000 t)

In Western Europe, approximately 1.4 billion bottles per year are made today of 70,000 tonnes of PET, about 45,000 tonnes of which are processed in Great Britain. In five years, the number of bottles is estimated to reach 3.8 billion in Europe with a primary raw material value of beyond DM 750 million. — The below description will show that the processing of such bottles is of great interest. As it was already mentioned above, the efficiency will depend on collecting and depositing systems etc. for being able to lead the bottles — if possible, pressed to bales — back to central points and to recover PET.

The problem is to recover, extrude and pelletize PET free of other materials, e.g. AL or PE caps, paper and base-cups. Otherwise, it would be impossible to obtain a marketable product. The market price for processed PET is about DM 2.45 per kilogram, while the price for virgin material amounts to about DM 4.00 per kilogram. — This considerable reduction of costs allows to use PET also in such sectors, where, up to now, other plastics with often less good specific characteristics have been used for reasons of price.

Processing of PET

The above reasons led to a cooperation with a British company for the purpose of designing processing techniques for recovering PET from bottle and film material. Fig. 7 shows the volumes as they become available in Plas/PET-processing plants in which approximately 1,500 t/a and/or 3,000 t/a of PET-pellets are produced.

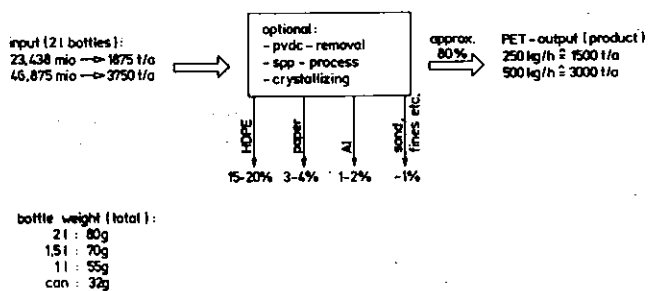


Bild 7: Mengenströme, Aufbereitung nach dem Plas/PET-System

Fig. 7: Volumes as available in processing in accordance with the Plas/PET system

intensive Verfahrensschritt unumgänglich ist, um PET hochrein zurückzugewinnen.

Über Farbsortierschritte können grüne und braune PET-Schnitzel von durchsichtigen Schnitzeln getrennt werden, um farblich sortierte Endprodukte zu erzeugen. Eine Trocknung vor der Extrusion bringt das Vorprodukt auf Restfeuchten von 0,003%. Der Extrusion folgt ein Regranulierschritt. Eine Rekristallisierung des amorphen PET-Regenerates sorgt für eine stark reduzierte Wasseraufnahmefähigkeit, das Material ist so bis zur weiteren Verarbeitung abgesackt mit geringsten Restfeuchten zu lagern.

Ein weiterer Prozessschritt ist in dieses Verfahren integrierbar, um die erzielbare Produktqualität bezüglich IV-Werten (intrinsic viscosity, ähnlich Schmelzindex MFI) von 0,67–0,69 gegenüber PET-Flaschenneuware mit IV-Werten von 0,7–0,72 weiter zu steigern auf Werte um 0,8. — Dieser Schritt kann die Marktpreise steigern auf DM 4,00 bis DM 5,00/kg Regenerat. Da diese hohen Anforderungen jedoch nur für sehr spezielle Produktgruppen gefordert werden, wird dieser Prozessschritt nicht in jede Standardaufbereitung integriert.

Perspektiven

Bild 8 zeigt den Extrusions- und Granulierteil einer Pilotanlage zur Rückgewinnung von PET aus Flaschen- und Filmmaterial.

In dieser Anlage werden bereits 400 t/a PET-Granulat erzeugt und mit ca. 700 £/t verkauft. Die Rohmaterialkosten liegen bei DM 0,85/kg, die Produktionskosten in einer Standard-Plas/PET-Aufbereitungsanlage incl. Rohmaterialkosten bei DM 1,80/kg, bezogen auf eine Produktion von 500 kg/h PET-Produkt. — Diese Daten zeigen, daß bei geeigneten Infrastrukturen, d.h. bei geeignet organisierten Fließwegen vom Konsumenten zurück zu Punkten, an denen PET aufbereitet werden kann, auch ein hoch interessanter wirtschaftlicher Aspekt in der Aufbereitung liegt.

Bei stark ansteigendem PET-Verbrauch weltweit bieten die Märkte mit entsprechendem Pfand- und Rückführsystemen die besten Ansatzpunkte für den Bau entsprechender Aufbereitungsanlagen, die hohe PET-Produktqualitäten für interessante Absatzmärkte erzeugen, die weiterhin Rohstoffe schonen und hohe „Abfall“-Volumina senken.

Schrifttum/References

- Holman, J.L., Stephenson, J.B., und Jensen, J.W.: Recycling of plastics from urban and industrial refuse, US-Bureau of Mines RI 7955 (1974).
- Repertz, G.: Naßmechanische Aufbereitung von Kunststoffabfällen, Chemieanlagen und Verfahren 8 (1984), S. 17/22.
- Trawinski, H.: Practical hydrocyclone operation, Filtration & Separation, Jan/Febr. (1985).
- Bahr, A., Vogt, V.: Sortiertechnologie bei Kunststoffabfällen, Industrieanzeiger 99, Jg. Nr. 100 (1977), S. 2021/2025.
- Lietz, G.: Wiederaufbereitung von PE-Folienabfällen, Kunststoffe 73 (1983), S. 414/418.
- Pasquarelli, O.: The Italian Market for PET-bottles, presented at: 6th Int. Conference on BI-orientated Bottles and high Performance containers in PET and other Engineering and Plastics Resins, Milan Oct. (1985).
- Detailinformationen bezüglich der Vermarktung von PET-Regeneraten erteilt: Plas/Tech Ltd., Birmingham, Sempol Ltd., Gloucester.

The processing flowsheet leads over size-reduction stages and wet-mechanical separation stages to the separation of PE and paper, as well as of sand and fines from the granulator. Then, the material is dried with simultaneously pre-crystallizing the PET-flakes prior to separating AL electrostatically. — Some bottles and X-ray films are laminated with a thin PVDC-coating. This coating is dissolved in a chemical process for which much development and research work had to be done. This processing step is, however, indispensable if PET is to be recovered extremely pure.

The PET-flakes are separated into green, brown and transparent for the purpose of yielding final products which are sorted according to colour. The semi-finished product is dried, prior to extrusion, to residual moistures of 0.003 percent.

The extrusion is followed by a pelletizing step. The amorphous pelletized PET is recrystallized in order to reduce significantly the water absorption capacity for being able to store the material, with the lowest-possible residual moistures, until further use.

A further process step can be integrated into this system in order to improve the achievable quality of the products as to their IV-values (intrinsic viscosity, similar to the melt-flow index MFI) which are raised from 0.67 to 0.69 as against virgin PET-bottles with IV-values of 0.7 to 0.72 up to values about 0.8 — This step may increase the market prices to DM 4.00 to DM 5.00 per kilogram of pellets. Such high standard requirements are made only for some specific series of products, so that this process step needs not be integrated into every standard processing.



Bild 8: Plas/PET-Pilotsystem (Sempol Ltd., Gloucester, England)

Fig. 8: Plas/PET pilot system (Sempol Ltd.-Photo, Gloucester, England)

Future prospects

Fig. 8 shows the extrusion and pelletizing parts of a pilot plant for the recovery of PET from bottle and film material.

This plant produces 400 tonnes of PET-pellets per year which are sold at a price of about 700 £ per tonne.

The raw material cost amount to about DM 0.85 per kilogram, and the production cost in a standard Plas/PET processing plant, including raw material costs, are about DM 1.80 per kilogram related to an output of 500 kilograms per hour of PET products. — These figures show that processing is of great interest even from the economic point of view, in the case of adequate infrastructures, i.e. if the ways from the consumers to PET-processing points are well organized.

In view of a strongly increasing PET consumption throughout the world, the deposit and recycling systems on the markets are best suited as starting points for the erection of processing plants which will yield high PET product qualities for attractive markets.