

Facharbeit in Chemie

Umweltaspekte

der

Kunststoffchemie

Verfasserin: Annika Gramsch

Gymnasium Ganderkesee

2001/2002

Ch 51

Chemie

Verfasserin: Annika Gramsch

Thema: Umweltaspekte der Kunststoffchemie

Fachlehrer: Herr Tepelmann

Ausgabetermin: 04.02.2002

Abgabetermin: 20.03.2002

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Umweltaspekte bei der Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Kunststoffen	5
2.1	Herstellung von Kunststoffen	5
2.2	Verarbeitung von Kunststoffen.....	5
2.3	Anwendung von Kunststoffen	6
3.	Kunststoffabfälle	6
4.	Abfallvermeidung und Abfallverwertung	7
5.	Müllverbrennung	8
6.	Was ist Recycling?	9
6.1	Materielles Recycling bzw. werkstoffliches Recycling	10
6.2	Chemisches bzw. rohstoffliches Recycling	12
6.2.1	Hydrierung	12
6.2.2	Hydrolyse.....	13
6.2.3	Pyrolyse	13
6.3	Energetisches Recycling.....	14
7.	Zusammenfassung	15
8.	Zukunftsperspektiven	15
9.	Anhang	17
10.	Literatur- und Quellenverzeichnis	20
11.	Einverständniserklärungen	22

1. Einleitung

Umweltprobleme sind seit vielen Jahren auf zunehmendes Interesse der Bürger gestoßen. Vor allem die Belastung durch Kunststoffe als Massenprodukt wird nicht nur von der Kunststoffindustrie, sondern auch von den Endverbrauchern erkannt. [2]

In der Bundesrepublik Deutschland wurden im Jahre 2000 15,5 Millionen Tonnen Kunststoffe produziert. Ein Teil davon wurde in synthetischen Fasern, Farben, Lacken, Klebstoffen u.ä. verbraucht. Ein anderer Teil dagegen wird exportiert. Viele Tonnen Kunststoffe fallen letztendlich als Kunststoffabfälle an und müssen folglich entsorgt werden. [8] Kunststoffe charakterisieren sich allerdings durch ihre hohe Stabilität. Die Kunststoffabfälle werden zunächst auf Deponien gelagert, zerfallen dort jedoch nicht, da diese nicht biologisch abbaubar sind. Das Kernproblem liegt demzufolge darin, dass die Deponiestandorte immer knapper und kleiner werden. Somit reichern sich die Kunststoffe mehr und mehr in der Umwelt an. [2]

Daneben können Umweltbelastungen auftreten, wenn Kunststoffe in Brand geraten und durch chemische Reaktionen Giftstoffe freisetzen. [2]

Der folgende Inhalt soll einen Gesamtüberblick über die Umweltaspekte der Kunststoffchemie geben. Zunächst werden die Gefahren, die bei der Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Kunststoffen auftreten können, genannt. Weiterhin wird auf die Probleme der Kunststoffabfälle und deren Lösung durch Abfallvermeidung sowie Abfallverwertung eingegangen.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten, Kunststoffabfälle sinnvoll zu verarbeiten. Zum einen können sie in einer Müllverbrennungsanlage verbrannt und zum anderen durch verschiedene Recycling- Verfahren (materielles, chemisches und energetisches Recycling) wiederverwertet werden. Beide Möglichkeiten werden im vorliegenden Text erklärt und bewertet. Nach einer kurzen Zusammenfassung werden abschließend in dem Kapitel „Zukunftsperspektiven“ Lösungsansätze des Abfallproblems entwickelt.

2. Umweltaspekte bei der Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Kunststoffen

Zunächst werden die Kunststoffe allgemein definiert:

Kunststoffe sind synthetische, das heißt durch chemische Umsetzung von Molekülen oder durch chemische Umformung makromolekularer Naturstoffe hergestellte makromolekulare Werkstoffe, auf der Basis von Kohlenstoffverbindungen.

Die Rohstoffbasis für Kunststoffe sind Erdgas, Erdöl und Kohle. [12]

2.1 Herstellung von Kunststoffen

Bereits bei der Herstellung von Kunststoffen können Brände, Explosionen und Gesundheitsbeeinträchtigungen auftreten. Monomere, wie Vinylchlorid (VC) und Acrylnitril (AN) sind krebserregend. Darüber hinaus sind Ausgangs- bzw. Hilfsstoffe giftig oder mindergiftig.

Bei der Herstellung und Anwendung von Polymerlösungen werden organische Lösungsmittel benutzt, (z.B. bei Polymerisationsverfahren) die größtenteils gesundheitsschädlich und zum Teil auch brandgefährlich sind. Beispiele dafür sind chlorige Kohlenwasserstoffe, Ester und Ketone. Die gleichen Eigenschaften weisen auch spezielle Additive und Reaktionsmittel, wie Katalysatoren und Beschleuniger und besonders Amine, Isocyanate sowie Peroxide für Stabilisatoren und Farbmittel auf Basis bestimmter Schwermetalle (Cadmium, Blei) auf. [1]

2.2 Verarbeitung von Kunststoffen

Bei der Verarbeitung von Kunststoffen, sei es die maschinelle oder handwerkliche Verarbeitung, kann es zu Gefahren kommen. Gleiches gilt bei der Werkstoffüberprüfung. Ganz besonders gefährlich wird es, wenn durch unsachgemäßer Temperaturführung sowie durch Ausfall von Steuer- oder Regelgeräten eine Überhitzung von Kunststoffmassen und eine Zersetzung der Polymeren oder Additive entsteht.

Weiterhin ist die Freisetzung von Chlorwasserstoff bei der Verarbeitung von chlor- oder fluorhaltigen Polymeren PVC (Polyvinylchlorid), PVDC (Polyvinylidenchlorid), PTFE (Polytetrafluorethylen), PVDF (Polyvinylidenfluorid) etc. oder Formaldehyd, beispielsweise bei der Verarbeitung von POM (Polyoxymethylen, Polyacetal, Polyformaldehyd) nicht auszuschließen.

Ferner ist auch die Herstellung von Schaumkunststoffen gefährlich: z.B. kann bei der Arbeit mit brennbaren flüssigen Treibmitteln, wie Pentan Entzündungsgefahr auftreten. Außerdem sind Umweltgefahren beim PUR- (Polyurethan) Schäumen mit FCKW nicht außer Acht zu lassen. Ebenfalls ist es möglich, dass bei der Bearbeitung von Kunststoffen durch den Abbau der Makromoleküle Monomeranteile in die Atemluft gelangen (z.B. aus PS (Polystyrol), Monostyrol oder aus POM: Formaldehyd). Jedoch wird bei der PVC Bearbeitung kein Vinylchlorid frei.[1]

2.3 Anwendung von Kunststoffen

Im großen und ganzen sind Umweltschädigungen bei der Anwendung von Kunststoffen auszuschließen. Eine Gefahr jedoch sind die Brände. Kommt es zu einem Kunststoffbrand, entstehen giftige Gase, wie CO, HCL, HF, HCN, SO₂ oder nitrose Gase (NO + NO₂) und starke Rauchentwicklungen. [1]

3. Kunststoffabfälle

Bei der Produktion von Kunststoff- Formmassen, sowie bei deren Verarbeitung zu Halbzeugen oder Fertigerzeugnissen und zuletzt nach Nutzung dieser Produkte entstehen Kunststoffabfälle.

Kunststoffabfälle stellen ein fast unlösbares Problem dar. Zunächst einmal lassen sie sich aufgrund ihres Volumens sehr schlecht komprimieren, d.h. sie nehmen bei der Deponierung zu viel Platz in Anspruch. Darüber hinaus verrotten Kunststoffe auf den Deponien nicht, weil sie aufgrund ihrer Korrosionsfähigkeit sehr beständig und somit nicht biologisch abbaubar sind. Daher ordnen sie sich auch nicht in den biologischen Kreislauf ein. Ferner gelten Kunststoffabfälle nicht ohne weiteres als recyclingfähig, da sie sehr häufig verschmutzt und vermischt, d.h. nicht sortenrein, anfallen. [3]

4. Abfallvermeidung und Abfallverwertung

Die Wiederverwertung oder die Vermeidung von Kunststoffabfällen würden die oben genannten Probleme verhindern. Sie gelten daher als Lösungswege der Abfallproblematik. Dabei ist die Abfallvermeidung der Abfallverwertung vorzuziehen, da sie eine Minimierung der Abfall- und Schadstoffmenge direkt bei der Produktion anstrebt. Möglich wird dieses zum Beispiel durch Mehrfachbenutzung oder Weiterverwendung von Produkten. Das bedeutet, dass das Abfallproblem direkt an der Wurzel, der Massenproduktion und dem unnötig hohen Produktverbrauch bekämpft wird. Produkte werden also lange und wiederholt benutzt und fallen demzufolge viel seltener als Abfall an.

Bei der Abfallverwertung ist es ähnlich. Hier werden die Erzeugnisse bereits bei der Produktion so beschaffen, dass sie recycelt werden können. Darüber hinaus werden auch im Vertrieb Maßnahmen zur Zuführung der Produkte nach Gebrauch der Wiederverwertung errichtet, damit die Erzeugnisse nicht unverwertet in den Abfall geraten. [3]



Abb.1 Verbrauch und Verwertung von Kunststoffen¹⁾

Generell gibt es zwei Wege, Kunststoffabfälle sinnvoll zu verwerten. Entweder sie werden mit dem Müll verbrannt oder einem „Recycling- Verfahren“ unterzogen. [2]

¹⁾ Quelle: www.umweltministerium.de

5. Müllverbrennung

In Müllverbrennungsanlagen werden ca. ein Drittel des Sondermülls verbrannt. Besonders hochgefährliche halogenierte Kohlenwasserstoffe werden bei beträchtlichen Temperaturen verbrannt. Hierbei werden sie in kleine Moleküle aufgespalten und als Toxin vernichtet. [7]

Die Tatsache, dass durch die Müllverbrennung nicht nur Energie gewonnen wird, sondern auch Erträge aus dem Verkauf von Schrott, Schlacke und Ruß erzielt werden können, täuscht über die eigentliche Wirtschaftlichkeitsfrage hinweg. Mit einem signifikanten Heizwert trägt die Kunststofffraktion zu einem Energiegehalt des Abfalls bei. Eine getrennte Entsorgung von Kunststoffen hätte allerdings nicht eine Abnahme des Heizwertes zur Folge.

Die Müllverbrennung wurde durch die andauernde Steigerung des Heizwertes von Müll in den letzten 30 Jahren erst ausführbar. [6]

Bei der Müllverbrennung ist die Giftbildung in der Luft ein weiteres Problem. Wenn die Müllverbrennungsanlage nur für einen kurzen Moment die erforderlichen hohen Temperaturen nicht erreicht, können die Stoffe unverbrannt und nur zum Teil zerstört in die Luft gelangen und dort neue Gifte produzieren. Ein anderes Problem sind die vielen schädlichen Stäube (Schwermetalle) [7] und Gase wie Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid (CO), die in den Verbrennungsabgasen enthalten sind.

Zudem gibt es weitere chemische Stoffe, die nur bei der Verbrennung von einzelnen Kunststoffen charakteristisch auftreten, wie beispielsweise das TCDF. Dioxin- und Furan- Belastungen der Böden im Umfeld von Verbrennungsanlagen sind weiterhin ein Teil der Giftstoffproblematik. [7, 8] Diese Stoffe werden nun durch geeignete Filter aus den Abgasen herausgefiltert. Dieser im Filter verbliebene Rückstand muss jedoch ebenfalls als Abfall beseitigt werden.

Entweder werden die Rückstände in die Abwässer geleitet, die folglich dann die Flüsse verschmutzen, oder als Feststoff auf Müllplätze gelagert. Trifft letzteres zu, sind Grund- und Trinkwasserprobleme aufgrund des Sickerwassers nicht auszuschließen.

Das Ergebnis der Müllverbrennung ist die Verlagerung des Schadstoffproblems. [7]

Die zwei wichtigsten Gründe für die Verbrennung von Müll liegen zum einen in der 90%igen Abfallmengenreduzierung und zum anderen in der Inertisierung des Abfalls. [6, 10]

Die Müllverbrennung wird von der Wirtschaft für gemischten Haus- und Gewerbemüll bevorzugt. Bei der Inertisierung des Hausmülls werden die gesamten organischen Komponenten zerstört und daher der Mülldeponie ferngehalten. Es bleibt jedoch fraglich, ob durch die angestrebte Müllverbrennung eine komplette Inertisierung des Hausmülls erreicht werden kann. [10]

Diese Überlegungen führen zu dem Ergebnis, dass weder umweltpolitische noch abfallwirtschaftliche Gründe der Müllverbrennung eine Lösung des Kunststoffproblems sein kann. [10]

6. Was ist Recycling?

(re= zurück, cycle= Kreis)

Das Wort Recycling wird häufig mit „Wiederverwendungskreislauf“ übersetzt. Es bezeichnet Maßnahmen, deren Ziel es ist, aus Abfällen Stoffe zu gewinnen, die erneut einem Produktionsprozess zugeführt werden können. Viele Gründe sprechen für ein Recycling:

- Durch die Wiederbenutzung alter Substanzen werden die knapper gewordenen Rohstoffe geschont.
- Recycling verringert die Abfallmenge und ist durch kleiner gewordene Müllhalden und geringere Mengen an Verbrennungsabgasen umweltfreundlich.
- Recycling führt zum Energiesparen, da der Energieaufwand, der das Recycling von Abfällen erfordert, zum Teil viel geringer als die Gewinnung von Rohstoffen und deren Verarbeitung zu Produkten ist. [7]

Ein großes Problem bereitet der Kunststoffanteil im Hausmüll, denn dieser besteht ungefähr zu 60- 70% aus PO (Polyolefinen), 15- 20% aus PS (Polystyrol)-

Kunststoffen, 10- 15% PVC und nur etwa 5% aus anderen Kunststoffen. Die Aussortierung, Reinigung und Trennung aus dem Hausmüll hat zwar eine technische Lösung gefunden, ist jedoch sehr teuer. Aus Kostengründen besteht daher für die Wiederverwertung kein ausreichender Anreiz.

Durch eine Sortierung in den Haushalten und durch eine Wirtschaftsweise, die eine spätere Wiederverwertung im Auge hat, sind jedoch Einsparungen möglich. [1]

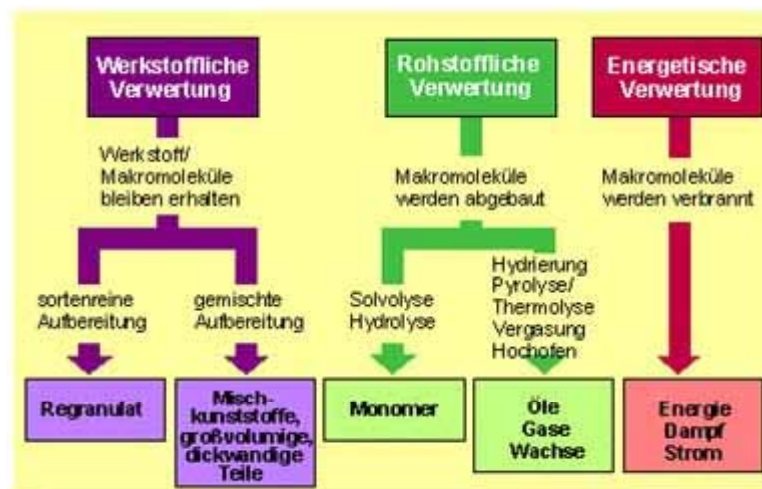


Abb.2 Recycling von Kunststoffen²⁾

6.1 Materielles Recycling bzw. werkstoffliches Recycling

Das materielle Recycling (vermutlich auch werkstoffliches Recycling genannt) bedeutet eine direkte Wiederverwertung für neue Produkte. Hier ist die Sortenreinheit noch immer eine wichtige Voraussetzung. (Dennoch lassen sich oft auch gemischte Kunststoffabfälle dank geeigneter Trennverfahren materiell recyceln). Der erste Schritt beim materiellen Recycling ist die Sortierung. Anschließend folgen oft Wasch- und Granulierungsvorgänge. Hieraus lassen sich nun in Kunststoffverarbeitungsapparaturen (z.B. Extruder) neue Kunststoffprodukte anfertigen. Das klassische Beispiel ist der recycelte Gelbe Sack des Dualen Systems, erzeugt aus DSD-Alt-Kunststoffen. (DSD= Duales System Deutschlands) Ziel dieses Recyclings ist also die Stoffgewinnung durch Produktrückführung. Dieses Ziel kann auch durch ein Umschmelzverfahren erreicht werden. [11, 14]

²⁾ Quelle:[16]

Kunststoffe werden in drei Hauptgruppen unterteilt: [8]

1. **Thermoplaste** (Kunststoffe, deren Makromoleküle aus linearen oder verzweigten Ketten bestehen und durch zwischenmolekulare Kräfte zusammengehalten werden. Thermoplaste werden bei Erwärmung weich und verformbar.) [12]
2. **Duroplaste** (Duroplaste sind aus kettenförmigen Makromolekülen aufgebaut, die untereinander zu einem dreidimensionalen Netz verbunden sind. Durch diese Vernetzung lassen Duroplaste keine Dehnung zu. Außerdem sind sie unlöslich und unschmelzbar.) [12]
3. **Elastomere** (Elastomere sind formfest, aber elastisch stark verformbar, da sie nur sehr weitmaschig vernetzt sind. Abhängig von der Temperaturstabilität sind Elastomere entweder in chemisch vernetzte oder thermoplastische Elastomere zu unterscheiden. Darüber hinaus sind sie wie die Duroplaste nicht schmelzbar.) [12]

Von diesen drei Arten sind die Thermoplaste, die 80 Prozent aller Polymere ausmachen, aufschmelzbar, da sie aus chemisch nicht verknüpften, daher frei gegeneinander verschiebbaren Polymerketten bestehen. Mittels Wärmeeinwirkung lassen sie sich verformen und sind dadurch für ein Material- Recycling durch Umschmelzen verfügbar. Die zurückgewonnenen Kunststoffe müssen vor dem Umschmelzen in sortenreinen Verbindungen erzielt werden, wenn sie ihre anfänglichen Eigenschaften weitgehend erhalten sollen. Dazu sind sie zunächst mit langsam laufenden Schreddern zu zerkleinern und im geschmolzenen Zustand der laufenden Kunststoffproduktion zuzuführen. Dieses Verfahren, das auch die einfachste Art der Wiederwertung ist, wird besonders beim innerbetrieblichen Recycling von Kunststoffabfällen praktiziert. [11, 3] Problematisch wird das Umschmelzen von verschmutzten Kunststoffmischungen wie sie beispielsweise im Hausmüll anfallen, weil sie ausschließlich durch Beimischungen größerer Mengen neuen Kunststoffmaterials zu gebrauchsfähigen Produkten umgeformt werden können.

6.2 Chemisches bzw. rohstoffliches Recycling

Wenn das materielle Recycling aufgrund starker Verschmutzungen nicht mehr sinnvoll ist, wird das chemisch oder auch vermutlich rohstofflich genannte Recycling, d.h. die Aufspaltung der Polymere in niedermolekulare Bestandteile verwendet. [11] Bei diesem Recyclingverfahren wird durch die Umkehrung des Kunststoffherstellungsverlaufs aus Kunststoffen wieder das Ausgangsprodukt Öl hergestellt. Dieses steht dann für alle möglichen chemischen Produktionsabläufe zur Verfügung. Im Vergleich zu anderen Recyclingverfahren ist diese Methode allerdings energieaufwendig und kostspielig. [14]

Wichtige Voraussetzung für das chemische Recycling von Kunststoffen ist deren Separierung aus dem Abfall. Je nach Zusammensetzung und Sortenreinheit des Kunststoffabfalls sowie der chemischen Struktur der Einzelsubstanzen gibt es drei prinzipielle Verfahren für das chemische Recycling: [6]

1. Hydrierung
2. Hydrolyse
3. Pyrolyse

6.2.1 Hydrierung

Unter Hydrierung ist die Anbindung von Wasserstoff an beliebige Elemente oder Moleküle zu verstehen. Analog werden Heteroatome wie Chlor, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel in ihre Wasserstoffverbindungen überführt. Darüber hinaus verläuft die Hydrierung unter hohen Temperaturen und Drücke. Dabei werden die Makromolekülketten gespalten und die nun entstandenen Bruchstellen mit Wasserstoff abgesättigt. [8] Durch die Behandlung von Kunststoffen mit Wasserstoff werden unter hohem Druck Öle hergestellt, die wiederum als Rohstoffe in die Produktion einfließen. [13]

In einer Hydrieranlage werden die Kunststoffabfälle zunächst zerkleinert und soweit wie möglich von anorganischen Materialien getrennt. Danach wird das zerkleinerte Produkt in eine Vorbehandlung gegeben. Wenn dann das für die Hydrierreaktion benötigte Druckniveau erreicht ist, kommt das Gemisch in den Reaktorteil. Dort bleibt es zwischen 15 Minuten und mehreren Stunden. Temperatur, Druck und Verweildauer sind die Reaktionsparameter und gleichzeitig Optimierungsgrößen, die im engen Verhältnis zur Qualität des Einsatzproduktes und der erzeugten Stoffströme

zu sehen sind. Da die Hydrierreaktion exotherm abläuft, wird der Anteil der Ballaststoffe die Energiebilanz beeinflussen. [8]

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt jedoch darin, dass sich Dioxine und Furane im Gegensatz zur Pyrolyse oder Müllverbrennung unter den herrschenden Bedingungen meistens nicht bilden. [13]

6.2.2 Hydrolyse

Durch die Hydrolyse lassen sich durch chemische Reaktionen aus Altkunststoffen die monomeren Ausgangsstoffe erhalten. So können beispielsweise Polyurethane, Polyester und Polyamide in ihre ursprünglichen Ausgangsstoffe Polyether, Amine bzw. Isocyanate zurückverwandelt werden. [6, 8] Dabei wird die jeweilige Polyreaktion umgekehrt, die zur Kunststoffentwicklung geführt hat. Mit Wasser oder mehrwertigen Alkoholen kann der hydrolytische Abbau der Kunststoffe erfolgen. Da die Polykondensation exotherm verläuft, ist es notwendig, bei der Umkehrung des Verlaufs Energie zuzuführen. [5]

Flüssige und gasförmige Hydrolyse-Produkte können nach gemäßer Aufbereitung zur Herstellung neuer Kunststoffe eingesetzt werden. [8]

Auch wenn die durchgeführten Hydrolyse-Versuche bisher eine gute Ausbeute an Monomeren erbracht hat, sind sie in Anbetracht der hohen Energiekosten nicht gewinnbringend. [5]

6.2.3 Pyrolyse

Ein erfolgversprechendes chemisches Recycling-Verfahren von Kunststoffabfällen scheint die Pyrolyse zu sein. Hierbei werden Kunststoffabfälle jeglicher Art in ein sogenanntes Pyrolyseöl bzw. -gas zerlegt. In einem Wirbelschichtreaktor werden die vermischten Kunststoffe durch indirektes Erhitzen mit Sand bei ca. 700- 800°C in kurzkettige und cyclische, meist aromatische, Kohlenwasserstoffe zerlegt. [6] Da die Pyrolyse unter Ausschluss von Sauerstoff arbeitet, verbrennen die Kunststoffe und Spaltprodukte nicht. [5] Ein Teil des Pyrolysegases wird für den Anlagenbetrieb eingesetzt, während ein anderer Teil als Heizgas dienen kann. Die Pyrolyseanlage ist somit in der Lage, sich selbst mit der notwendigen Energie zu versorgen. [6]

Mit der Pyrolyse von Kunststoffabfällen wurde demzufolge eine Methode gefunden, die der Kunststoffchemie kostengünstig Rohstoffe liefern könnte. Allerdings ist die

Entstehung von Dioxinen und Furanen nicht hundertprozentig auszuschließen. [5, 13]

Als Recyclingmethode ist die Pyrolyse jedoch nicht unbedingt sinnvoll, da die Menge der entstehenden, nicht zur Kunststoffproduktion verwendbaren Bestandteile, im Gegensatz zu anderen Recyclingverfahren sehr hoch ist.

Aktuelle Fortschritte werden auf dem Gebiet der Pyrolyse unternommen, um intensiviert den anfallenden Restmüll, der nach einer Trennung und Sortierung entsteht, einer Verwertung zuzuführen. Trotz allem bleibt immer ein mit Schadstoff zu deponierendes Restvolumen übrig [13]

6.3 Energetisches Recycling

Im Allgemeinen wird das energetische Recycling als Verbrennen bezeichnet. Hierbei werden die Makromoleküle verbrannt. Das Verbrennen von Kunststoffen hat das Ziel, den hohen Energiegehalt der Kunststoffe zu nutzen, das Abfallvolumen zu reduzieren, die festen Verbrennungsrückstände zu inertisieren und eine unkontrollierte Freisetzung von Schadstoffen zu vermeiden. [3]

Bei der Verbrennung mit reinem Sauerstoff werden durch hohe Temperaturen (ca. 1600°C) alle giftigen Anteile zerstört und die Rückstände mineralisiert. Das Abgasvolumen verringert sich auf ca. 25 Prozent. Aufgrund des Fehlens von Luftstickstoff entstehen keine Stickoxide. Die Abgase setzen sich fast ausschließlich nur aus Kohlendioxid und Wasser zusammen.

Wird die stoffliche und chemische Weiterverwertung der Emissionen betrachtet, ist festzustellen, dass vor allem das Kohlendioxid als chemischer Rohstoff zur Methanol-, Benzin- oder Harnstoffsynthese helfen kann. „Eine stoffliche Verwendung ist zum Beispiel als Fördergas für Rohöl möglich, als Lösungsmittel im überkritischen Zustand oder als Inertisierungsmittel, das heißt als Schutzgas gegen unerwünschte Oxidationsprozesse.“ [11]

Die energetische Verwertung ist für einige anfallende Kunststoffabfälle als Verwertungsmöglichkeit unentbehrlich, da die Aufbereitungskosten für stark verschmutzte Abfälle so hoch sind, so dass andere Recyclingverfahren weder ökonomisch noch ökologisch sinnvoll wären. Außerdem ist die energetische Verwertung für sehr verschiedenartige Abfallgemische wie Hausmüll, in denen die Kunststoffe nur ein Teil des Gemisches sind, nützlich. [3]

7. Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Müllverbrennung keine sinnvolle Methode zur Abfallverminderung ist, da bei der Müllverbrennung gasförmige Emissionen freiwerden, die die Gesundheit der Menschen beeinträchtigen. Darüber hinaus ist die Müllverbrennung gegenüber anderen Entsorgungsmöglichkeiten die denkbar kostenintensivste. [10]

Dagegen ist das materielle Recycling wesentlich umweltfreundlicher; hier werden keine Giftstoffe frei. Da sich für dieses klassische Recycling nur fast ausschließlich saubere und sortenreine Kunststoffe eignen, kann die materielle Verwertung einen zwar wichtigen, aber nur begrenzten Beitrag zur Entsorgung von Kunststoffabfällen leisten. [11]

Rohstoffliche bzw. chemische Verwertungsverfahren dagegen haben den großen Vorteil, dass vermischte und verschmutzte Kunststoffe ohne großen Aufwand bei der Vorsortierung und der Reinigung eingesetzt werden können. Jedoch ist diese Methode teilweise sehr teuer und energieaufwendig. Darüber hinaus ist auch die Bildung von Dioxinen und Furanen nicht auszuschließen. [11, 13, 6]

Das energetische Recycling stellt sich für einige Kunststoffabfälle als sehr sinnvoll heraus, da dieses Verfahren zu einer hohen Energierückgewinnungsquote führt. Weiterhin ist es im Gegensatz zu anderen Recycling- Verfahren recht günstig und auch die Freisetzung von Giftstoffen ist hier sehr gering. [3, 11]

8. Zukunftsperspektiven

Die hohe „Lebensdauer“ der Kunststoffe sowie der relativ hohe Verbrauch an Deponievolumen sind Störfaktoren. Deshalb wird versucht, Kunststoffe herzustellen, die sich in der Deponie abbauen. [1]

Wie bereits erwähnt, ist ein Hauptgrund für die Probleme beim Recycling, dass die Kunststoffabfälle meistens nicht sortenrein anfallen. Da bisher vorausgesetzt wurde, dass bei der Herstellung und Verarbeitung von Kunststoffen die meisten Produkte nach Gebrauch einfach deponiert oder verbrannt würden, wird schon bei der Gestaltung der Güter an späteres Recyceln gedacht. Das heißt, schon bei der Herstellung der Polymere, über Entwurf, Konstruktion der daraus gefertigten Produkte bis zu Gebrauchsveränderungen, soll der Aufwand beim Recycling

minimiert werden. Die Kennzeichnung der Kunststofftypen wäre bereits bei der Herstellung ein erster Ansatz.

Weitergehend sollen durch hagere, mildernde Varianten des Umschmelzens hochwertigere Recyclate erzielt und darüber hinaus innovative sanfte Methoden wie Löseverfahren eingeführt werden. [11]

Durch die Firma PPTec können Massenkunststoffe wie PE und PP aufbereitet werden, die bislang keine wirtschaftliche Wiederverwertung zuließen.

Das neue Verfahren trennt verschmutzte und unsortierte Altkunststoffe in ihre Hauptbestandteile. Nachdem das Altmaterial zerkleinert wurde, folgt das Lösen in einem mehrstufigen Prozess. Die Fraktionen, die aus dem Altmaterial mit hoher Trennschärfe gewonnen wurden, werden nun getrocknet und granuliert. Die eingesetzten Lösungsmittel werden ebenfalls in einen geschlossenen Kreislauf gegliedert. Das Resultat sind Kunststoffrecyclate, die in ihren Eigenschaften Neukunststoffen entsprechen und auch demzufolge eingesetzt werden können. Der Einsatz dieser Methode bietet eine erheblich höhere Wertschöpfung als bei bisherigen Verarbeitungsmethoden. Ferner können auch stark vermischte Altkunststoffe verwertet werden. [9]

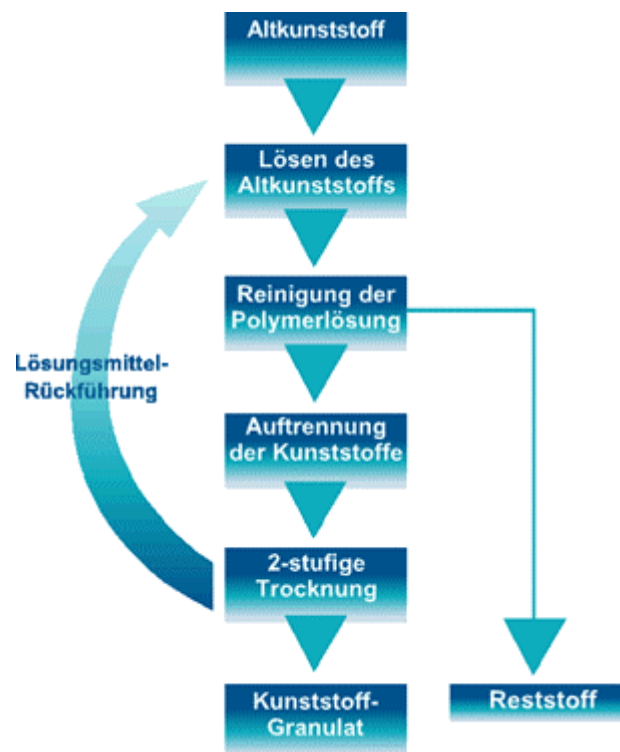


Abb.3 Recycling durch Lösen ³⁾

³⁾ Quelle: [9]

9. Anhang

Kurzzeichen der Kunststoffe:

Kurzzeichen Chemische Bezeichnung

VC	Vinylchlorid
AN	Acrylnitril
PVC	Polyvinylchlorid
PVDC	Polyvinylidenchlorid
PTFE	Polytetrafluorethylen
PVDF	Polyvinylidenfluorid
POM	Polyoxymethylen, Polyacetal, Polyformaldehyd
PUR	Polyurethan
PO	Polyolefine
PS	Polystyrol

[4]

Andere Kurzzeichen:

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe

[12]

Worterklärungen

Monomere

Monomere sind Moleküle, die zur Kunststoffherstellung eingesetzt werden. Die genannten Moleküle Ethylen, Vinylchlorid und Styrol sind Monomere, aus denen Kunststoffe aufgebaut werden können.

Polymere

Polymere sind makromolekulare natürliche oder synthetische, aus zahlreichen Monomeren aufgebaute Verbindungen

Heteroatome

Heteroatome sind Nichtkohlenstoffatome, die in organische Verbindungen anstelle von Kohlenstoffatomen eingebaut sind.

Polykondensation

Eine der drei Reaktionen zur Herstellung makromolekularer Stoffe nennt sich Polykondensation.

Additive

Additive ist die Bezeichnung für Stoffe, die anderen Stoffen in kleinen Mengen zugesetzt werden, um ihnen besondere Eigenschaften zu verleihen.

[12]

Man unterscheidet zwei Recyclingtechniken: die werkstoffliche und die rohstoffliche (manchmal auch als chemische bezeichnet). Beim werkstofflichen K. spielt die Sortenreinheit noch immer eine zentrale Rolle. Erster Schritt dieses Verfahrens ist

daher die Sortierung, danach folgen häufig Wasch- und Granulierungsvorgänge (Zerkleinerung). Hieraus lassen sich nun in konventionell ausgestatteten Kunststoffverarbeitungsapparaturen (z.B. Extruder) neue Kunststoffartikel herstellen. Klassisches Beispiel ist der rezyklierte Gelbe Sack des Dualen Systems, hergestellt aus DSD-Alt-Kunststoffen. Beim rohstofflichen Recycling geht man einen anderen Weg. Durch die Umkehrung des Kunststoffherstellungsprozesses (von Erdöl zu Plastik) stellt man - vereinfacht gesagt - aus Kunststoffen wieder das Ausgangsprodukt Öl her; dieses kann für alle möglichen chemischen Produktionsvorgänge genutzt werden. Das Verfahren ist allerdings vergleichsweise energieaufwendig und teuer. Schließlich hat man in jüngster Zeit ein Verfahren entdeckt, bei dem sich die DSD-Alt-Kunststoffe mehr oder minder unbehandelt in Hochöfen zur Stahlproduktion eindüsen lassen; sie ersetzen dort sogenannte Reduktionsmittel, die dem Verarbeitungsprozeß ohnedies zugesetzt werden müssen. [14]

Hydrierung

Allgemeine Bezeichnung für die Umsetzung von chemischen Verbindungen mit Wasserstoff. Verfahren zum Kunststoffrecycling.

Mit Hilfe der H. lassen sich z.B. Kunststoffe wieder in kleine chemische Bausteine zerlegen, wobei Gase und Öle entstehen. Dazu werden die Kunststoffe zerkleinert, gereinigt und unter hohem Druck (400 bar) bei 500 Grad C mit Wasserstoff umgesetzt. Es werden Substanzen gewonnen, die als Rohstoffe in der petrochemischen Industrie eingesetzt werden, aber nicht zur Herstellung von Kunststoffgranulaten eingesetzt werden können. Die gewonnenen Gase können als Energielieferant zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, daß sich die Bildung von Dioxinen und Furanen im Gegensatz zu Pyrolyse oder Verbrennung (Müllverbrennung) unter den herrschenden Bedingungen weitestgehend unterdrücken läßt. Pro Tonne Kunststoffgemisch bleiben ca. 100 kg Abfälle, die als Sonderabfall deponiert werden müssen. In Wesseling bei Köln wird zur Zeit eine Pilotanlage zur H. von Kunststoffabfällen errichtet, die auf einen Durchsatz von 800 Jahrestonnen ausgelegt ist. [13]

Pyrolyse

Als P. bezeichnet man die Zersetzung von festen oder flüssigen Stoffen bei hohen Temperaturen (400-700 Grad C) unter Sauerstoffausschluß.

Die P. wird in verschiedenen Bereichen angewendet, u.a. beim Cracking von Benzin, zur Behandlung von Klärschlamm und zur energetischen Nutzung von Biomasse. Häufigster Anwendungsbereich ist die P. von Kunststoffgemischen und Altreifen. Hierbei entstehen P.-Gase (ca. 40 Gew.-%), leichte und schwere P.-Öle (ca. 25 Gew.-%) sowie etwa 30% Abfallstoffe, die wegen ihres Schadstoffgehalts speziell entsorgt werden müssen. Die Gase können zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden, die Öle lassen sich wieder in der chemischen Industrie einsetzen. Die Entstehung von Dioxinen und Furanen läßt sich nicht mit letzter Sicherheit ausschließen. Als Verfahren zum Kunststoffrecycling ist die P. ungeeignet, da die Menge der entstehenden, nicht zur Kunststoffproduktion verwendbaren Substanzen im Vergleich zu anderen Recyclingverfahren sehr hoch ist. Aktuelle Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der P. werden unternommen, um verstärkt den nach entsprechender Trennung und Aufbereitung anfallenden Restmüll einer

Verwertung zuzuführen. Dennoch bleibt immer ein zu deponierendes Restvolumen, das mit Schadstoffen hoch belastet ist. Eine abschließende Bewertung der P. ist derzeit nicht möglich.

Recycling, Abfall

[13]

Lit.: U.Förstner: Umweltschutztechnik, 2.Auflage, Berlin 1991

Eine neue Dimension im Kunststoff-Recycling

Der Bedarf: Qualität und Wirtschaftlichkeit

Herkömmliche Recyclingverfahren für Kunststoffe - ob rohstofflich oder werkstofflich - sind häufig unwirtschaftlich und teuer. Oder die gewonnenen Recyclate sind von so geringer Qualität, dass sie nur begrenzt eingesetzt werden können.

Das wird jetzt anders: Die neue Technologie der Firma Primary Product Technologies (PPTec) setzt neue Maßstäbe im Kunststoff-Recycling.

Die Neuheit: Recycling über Lösen

PPTec macht es möglich: Jetzt können erstmals Massenkunststoffe wie PE und PP aufbereitet werden, die bisher eine wirtschaftliche Wiederverwertung nicht zuließen

Das neue Verfahren trennt ungereinigte und unsortierte Altkunststoffe in die Hauptbestandteile. Das Altmaterial wird zerkleinert und anschließend in einem mehrstufigen Prozess gelöst. Die aus dem Altmaterial mit hoher Trennschärfe gewonnenen Fraktionen werden getrocknet und granuliert. Auch die eingesetzten Lösungsmittel werden in einem geschlossenen Kreislauf geführt

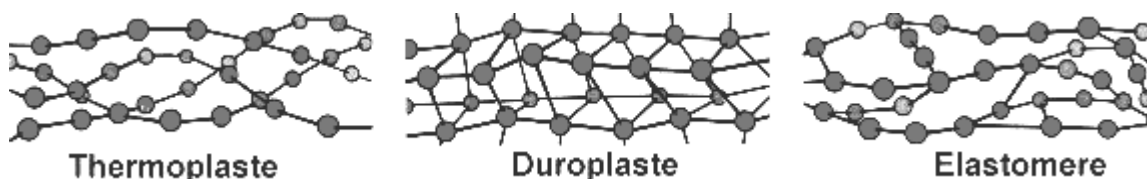
Die Lösung: Technologie von PPTec

Der Einsatz unseres Verfahrens bietet Ihnen entscheidende Vorteile:

▶ Wesentlich höhere Wertschöpfung als bei bisherigen Verwertungsverfahren

▶ Verarbeitung von großen Mengen auch stark vermischter Altkunststoffe

[9]



[17]

10. Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Einstieg in die Kunststoffchemie
Bernhard Gnauck/ Peter Fründt
Carl Hanser Verlag
3. Auflage
München/ Wien 1991

- [2] Kursthemen Chemie: Spezielle Arbeitsgebiete
Flörke/ Wolff
Ferd. Dummlers Verlag
Bonn 1984

- [3] Technologie der Kunststoffe
Michaeli/ Greif/ Wolters/ Vossebürger
Carl Hanser Verlag
2. Auflage
München/ Wien 1998

- [4] Kunststoff Taschenbuch
Saechtling
Carl Hanser Verlag
26. Auflage
München/ Wien 1995

- [5] Chemie heute Sekundarbereich II
Schroedel Schulbuchverlag GmbH
Hannover 1988

- [6] Kunststoffe: Anwendungen und Recycling
Ziegenhagen
Herausgeber: Pädagogisches Zentrum Berlin
Berlin 1992

- [7] Kunststoffe verachtet- verschwendet
Götze/ Patrunke/ Reuel/ Schröpfer
Herausgeber: Pädagogisches Zentrum Berlin
Berlin 1985

- [8] Recycling von Kunststoffabfällen: Grundlagen- Technik- Wirtschaftlichkeit
Härdtle/ Marek/ Bilitewski/ Kijewski
Erich Schmidt Verlag
2. neubearbeitete und erweiterte Auflage
Berlin 1991

- [9] <http://www.pptec.com>

- [10] Müllverbrennung: Ein Spiel mit dem Feuer
Schiller- Dickhut/ Friedrich
AJZ-Dr.u.-Verl.
Bielefeld 1989
- [11] Mensch, Umwelt, Wirtschaft
Herausgeber: Ernst Ulrich Weizsäcker
Akademischer Verlag
1995
- [12] Schüler Duden: Die Chemie
Dudenverlag
3. Auflage
Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich 1995
- [13] <http://www.umweltlexikon-online.de>
- [14] <http://www.gapinfo.de>
- [15] <http://www.bavaria.de>
- [16] <http://www.fbv.fh-frankfurt.de>
- [17] <http://home.t-online.de/home/dj5nu/chemie-facharbeit.html#diagramm01>

11. Einverständniserklärungen

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Facharbeit selbstständig angefertigt habe, keine anderen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.“

„Hiermit erkläre ich, dass ich damit einverstanden bin, wenn die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.“
