

Kryo-Kunststoff-Recycling: die Chance, die aus der Kälte kommt

Harry Rosin

Die Verbrennung von Alt-Elektronik ist die gefährlichste Quelle von Dioxinen und anderen halogenorganischen Giften. Der Export dieser Abfälle zur Deponie in ärmere Länder, wie nach Nigeria, ist schändlich. Die einzige gute Möglichkeit, Elektronikschrott ordnungsgemäß aufzubereiten, ist das Recycling bei tiefen Temperaturen, das Kryo-Recycling. Die dafür preiswerteste und effizienteste Tiefkältetechnik und mechanische Verfahrenstechnik werden beschrieben.

Schlüsselwörter: Flammenschutzmittel, Dioxine/Furane, Kohlenwasserstoff-Tiefkälte-Recycling von Alt-Kunststoffen und -Elektronik

Vorgeschichte

1989/90, als sich die ersten Abfallberge aus alten Computern angesammelt hatten, bereitete die Vorstellung Sorge, dass dieser Elektronikschrott verbrannt werden müsste. Die Kunststoffe von Elektronikteilen enthielten damals oft bromierte Flammenschutzmittel und dadurch einem Bromanteil von bis zu 8 Gew.-%. In Anwesenheit katalytisch wirkender Metalle, wie Kupfer und Silber, musste die Verbrennung solchen Materials zu einer erschreckenden „Giftküche“ werden. Das Unglück von Seveso, im Jahr 1976, war noch in guter Erinnerung.

Bei Normaltemperatur bietet sich keine Alternative zur Verbrennung an, denn Ausdruck in einer Leiterplatte z.B. sind Kunststoffe und Metalle so eng miteinander verschweißt, dass eine saubere Separierung praktisch kaum möglich ist. So kamen Herr Dr. Hans Preisendanz und ich zur Suche nach einer preiswerten, umweltfreundlichen Tiefkältetechnik, denn Ausdruck jede Stoffart hat bei tiefen Temperaturen einen charakteristischen Kälteschrumpfungsgrad. Metalle schrumpfen anders als Kunststoffe. An den jeweiligen Grenzflächen treten bei tiefen Temperaturen Spannungen auf und wenn dann eine Mühle

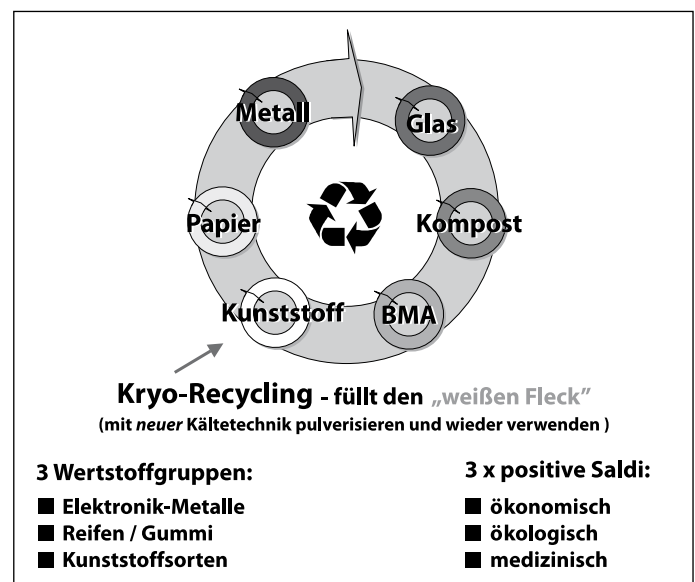


Abb. 1: Zukunft durch Kreislaufwirtschaft

genügend Druck ausübt, trennen sich die einzelnen Stoffarten an ihren Grenzflächen sauber voneinander. Bei tiefen Temperaturen werden thermo-plastische (unzerbrechliche) Kunststoffe und Elastomere auch spröde und brüchig wie Glas, also leicht feinkörnig zermahlbar.

Einschlägige Erfahrungen lagen mit flüssigem Stickstoff als Kältemittel vor, z.B. als Cryogen(r)-Verfahren der Fa. Messer-

Kontakt:

Prof. Dr. med. Harry Rosin
Sperberweg 4
40699 Erkrath
E-Mail: Harry.Rosin@gmx.net

Technische Lösung

Abstract

The incineration of electronic waste is the most dangerous source of dioxins and other halogenated toxins. The export of that waste to poor countries, as to Nigeria, is shameful. The only good possibility, to treat electronic waste properly, is the recycling at cryogenic temperatures. A new hydrocarbon cryo recycling of plastics is described.

Key words: Flame retardants, dioxins/furans, hydrocarbon cryo recycling of plastics and electronic waste

Griesheim. Flüssiger Stickstoff kann aber nur in einem offenen System angewandt werden und ist daher für das Recycling einfacher Massenkunststoffe oder Alt-Reifen oder Elektronikschrott zu unwirtschaftlich. Innovationen auf dem Gebiet der Kältetechnik, der Mahltechnik und der Sortiertechnik mussten das Konzept der Tiefkälteanwendung vor allem preisgünstig machen. Dieses Ziel und damit die industrielle Anwendungsreife und Anwendungsbreite unseres sog. Kryo-Recyclings (kryos= gr. Eis, Frost) sind weitgehend erreicht.

Das Kryo-Recyclingverfahren für Alt-Kunststoffe, Alt-Gummi und Verbundmaterial wie Alt-Elektronik füllt mit Hilfe der neuen Kohlenwasserstoff-Kältetechnik den „weißen Fleck“ im Kreis der etablierten Recyclingströme (siehe Abb. 1).

Von einer Recyclingquote, die sich bei Metallen, beim Glas und Papier wirtschaftlich längst bewährt hat, ist echtes stoffliches Kunststoffrecycling weit entfernt. Dabei sind Thermoplaste und Elastomere für die hochwertige Wiederverwendung geradezu prädestiniert. „Sortenreine“ Recyclate - durch Kälte-Versprödung und material-schonende Feinmahlung wiedergewonnen - können - bei etwa gleicher Qualität wie Primärware - zu einem viel günstigerem Preis angeboten werden.

Dreiverfahrenstechnische Innovationen senken die Betriebskosten des Kryo-Recyclings und erhöhen die Qualität der Recyclate im Vergleich zu den konventionellen Verfahren:

- die neue **Tiefemperatur-Kältetechnik**: Diese nutzt die drei Naturgas-Kältemittel Propan+Ethan+Methan **nicht** in jeweils getrennten Kreisläufen wie bei konventioneller Kaskadentechnik, sondern wie beim Öko-Kühlschrank „Greenfreeze“ als **Mischung** in einem Ein-Kreis-System (siehe Abb. 2). Der Hauptkompressor muss nur den Druck von 15 bar zur Verflüssigung von Propan leisten. Die kaskadenartige Temperaturabsenkung erfolgt ohne zusätzliche Energieaufnahme durch fraktionierte Verdampfung der Kältemittel im Nebenschluss. Das bei -161°C verdampfende Methan kühlt den Mahltunnel, in den die handtellergroß vorzerkleinerten Alt-Kunststoffe - Reifen oder Elektronikteile - über eine Schleuse eingebracht werden. Um die Verdampfungsenthalpie der drei Gase optimal auszunutzen, werden sie nach dem Gegenstromprinzip zur jeweiligen Vorstufe zurückgeführt. Als Gemisch erreichen sie über einen Roots-Vorverdichter wieder den Hauptkompressor mit einer technisch günstigen relativ hohen Sauggastemperatur.
- die neue **Mahltechnik im Kältetunnel**: Damit der Mahltunnel sehr kompakt gebaut werden kann, wird die indirekte Kaskadenkühlung des Mahlguts noch um eine direkte Kühlung nach dem Heat-Pipe-Prinzip im Tunnel ergänzt. Diese beschleunigt den Wärmeübergang und sorgt für eine direkte kontinuierliche Abfuhr der Friktionswärme vom Mahlgut. Im Vergleich zum alten Cryogen(r)-Recycling mit flüssigem Stickstoff sinken die Betriebsmittelkosten auf ca. 1/10. Der Kostenvorteil erweitert die wirtschaftliche Anwendungsbreite wesentlich.
- die neue **Mahltechnik im Kältetunnel**: Das nicht schockgekühlte, sondern sukzessiv versprödete Material gerät zwischen die zentralen Arbeitswalzen, die nur partiell in den kompakten Tunnel ragen (siehe Abb. 3).

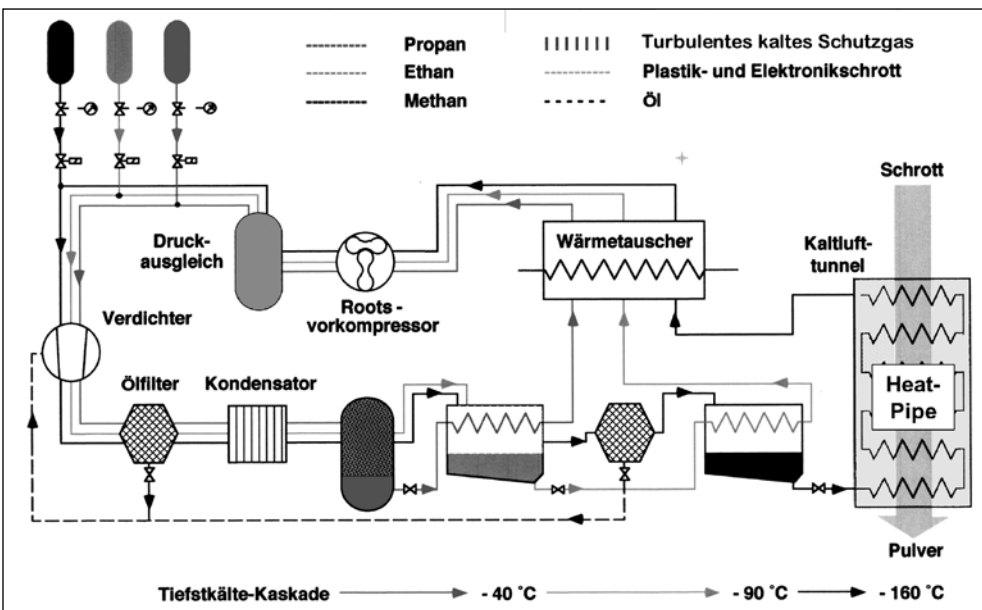


Abb. 2: Tiefstälte-Kaskaden-Anlage

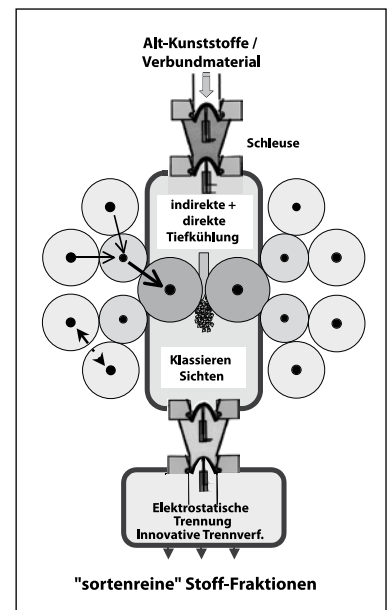


Abb. 3: Mechanische Verfahrenstechnik im Kältetunnel

Der Anpressdruck wird durch außen liegende Stützwalzen verstärkt. Das Walzengerüst ähnelt dem in der Metallurgie und Zementindustrie bewährten Sendzimir-Gerüst. Die Walzenführung reagiert jedoch elastisch auf störende Brocken oder falls das Mahlgut sich vor dem Walzenspalt störend aufbaut. Die gewünschten Korngrößen sind variabel einstellbar - bis zur Mehlfeinheit! Störstoffe, wie anhaftender Schmutz oder Schwerstoffe, wie Metalle und Mineralien, werden parallel zum Mahlprozess über Windsichtung oder Siebe abgeführt. Gegen Staubexplosionen, z.B. bei Feinmahlung von Alt-Reifen, schützt das o.g. direkte Kühlsystem. Es verhindert auch die sekundäre Oxidation der Polymerketten an den interkristallinen Bruchstellen. Die Rieselfähigkeit des Mischpulvers am Ende des Mahlprozesses wird über spezielle Stiftmühlen gewährleistet.

- die neue **Trenn- und Sortiertechnik**: Schon im Kältetunnel beginnt die Serie verschiedener, hintereinander geschalteter Trenn- und Sortierverfahren, die über Rollbänder miteinander verbunden sind. Im Kältetunnel wird z.B. der Vorteil genutzt, dass die altbekannte elektrostatische Trennung nach dem ESTA-Verfahren nicht durch leitfähiges Wasser beeinträchtigt wird. Weitere Methoden entsprechen z.T. dem hochentwickelten Stand der Technik, z.B. beim Cryoclass®-Verfahren der Fa. Messer-Griesheim, das „On-line-Klassierung mit scharfen Trenngrenzen für höchste Ansprüche und bei hohen Durchsätzen“ erreicht. **Innovative** Verfahren verbessern die Feinsortierung von Mischpulver, das zahlreiche Materialsorten enthält. Eine hohe Sortenreinheit und eine hohe Materialschonung mit aktiver Oberfläche des Feinkorns sind möglich.

Die Feinmahlung ermöglicht es, die Körner aus der oft veränderten, verbrauchten Oberfläche der Kunststoffteile von den im Inneren liegenden zu separieren, die noch aus völlig intakter Grundmasse bestehen. Auch nach jahrelangem Gebrauch sind Kunststoffabfälle i.d.R. nur unmittelbar an der Oberfläche verbraucht. 60-80 % der Masse bleiben intakte Grundmasse. Sie kann nach gut entwickeltem Stand der Chemietechnik recompoundiert werden. Die Formmasse gleicht dann qualitativ der von Primärware. Sie ist nur sehr viel preiswerter, weil das Kryo-Recycling etwa 40-mal weniger Energie verbraucht als die Neusynthese.

Ausblick

Eine Gruppe von Wissenschaftlern und Ingenieuren, die die Prognosen des zerstörerischen Klimawandels frühzeitig ernst nahm, bereitete das Kryo-Recyclingverfahren dezentral sehr weitgehend für den industriellen Einsatz vor (siehe Abb. 4).

Die Ingenieur- und Naturwissenschaften haben das Kryo-Recycling anlässlich mehrerer Vorträge geprüft und für gut befunden, z.B. Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik (VDE) und Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) (ROSIN 1998, ROSIN 2000).

Es gilt nun, die etwa 12-jährige Entwicklungsphase in einer großtechnischen Pilotanlage zu realisieren und zu optimieren.

Leider steht dem Kryo-Recycling immer noch der Wille der Müllverbrennungs-Lobby entgegen, den ganzen Globus mit Müllverbrennungsanlagen (MVAs) aus Deutschland zu überzie-

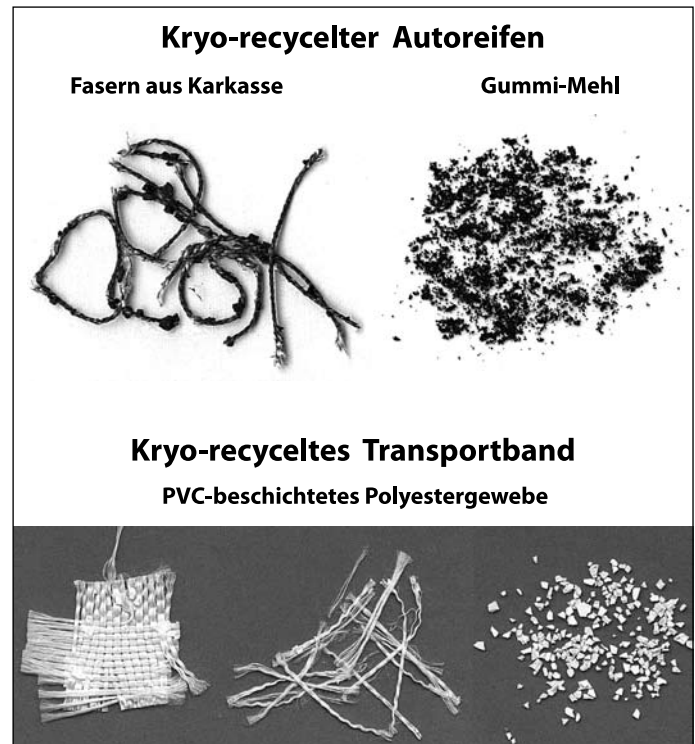


Abb. 4: Ergebnisse: Kryo-recycelter Autoreifen / Transportband

hen. Gegen die Erwartung dieses globalen Geschäftes lässt sich ein Konkurrenzverfahren kaum durchsetzen.

Allmählich werden die Vorteile des Kryo-Recyclings in der Energiebilanz und im Preis aber immer attraktiver.

Die Summe der vom Kryo-Recycling aufzubereitenden Abfälle beträgt ca. 20 Mio. t/Jahr. Das entspricht dem Rückgang der Steinkohleförderung von 47 Mio. t im Jahr 1997 auf 26 Mio. t jetzt. Die Wertschöpfung aus den hochwertigen Abfällen wäre deutlich höher als bei Kohle! Die Zahl neuer Arbeitsplätze in Deutschland, die sich durch den Stofferhalt selbst finanzieren, liegt bei ca. 40.000!

Die Vermeidung der Kunststoff-Verbrennung und damit der Müllverbrennung wäre nicht nur wichtiger **Gesundheitsschutz**, sondern hätte viele ökologische und ökonomische Vorteile.

In Kombination mit verbesserter biologisch-mechanischer Aufbereitung kontaminierter Bioabfälle in technisch verbesserten Biologisch-Mechanischen-Aufbereitungsanlagen (BMAs) (siehe den Beitrag von Bittel & Rosin zu Klärschlamm in diesem Heft ab S. XX ff.), wäre ein Verzicht auf Müllverbrennung möglich - zum Wohle unserer Gesundheit, unserer Volkswirtschaft, des Weltklimas und der Natur allgemein. Die Evolution auf Erden könnte positiv fortschreiten, die unnötigen thermischen und chemischen Emissionen einer globalen Müllverbrennung würden ihr nicht den Rückwärtsgang aufzwingen!

Nachweise

ROSIN, H. (1998): Chancen, die aus der Kälte kommen. Vortrag: VDI, VDE und Göttingen, Göttingen 19.02.1998.

ROSIN, H. (2000): Der Schlüssel zur globalen Kreislaufwirtschaft. Vortrag: GDCh, VDI, VDE und Göttinger Colloquium für Fragen in Wissenschaft, Technik und Ethik, Göttingen 30.11.2000.