

## A. Allgemein

Im Internet und in den Köpfen kursieren einige widersprüchliche Statements zur Altreifenaufbereitung/-entsorgung. Als Konstrukteur und Hersteller von Drehrohrthermolysetechnik mit langjähriger Erfahrung, wollen wir an dieser Stelle zu diesem Thema einmal sachlich Stellung nehmen.

Jeder technische Prozess hat seine Besonderheiten, die bei Nichtbeachten (z.B. fehlerhafte Bedienung oder nicht ausgereifte oder mangelhafte Technik) zur Gefährdung von Mensch und Umwelt führen kann.

Daher legen wir in unserer Technik besonderen Wert auf eine sichere Bedienung mittels Leitsystem und umfassende Sensorik.

Wir verwenden den Begriff Thermolyse anstelle von Pyrolyse, um so deutlich zu machen, dass keine Luft (wie z.B. bei Holz-Vergasern) sondern nur Wärme den Prozess in Gang hält. In der Chemie wird der Begriff Thermolyse für die „Neuherstellung“ von Verbindungen/Produkten verwendet. Auch aus diesem Grunde favorisieren wir diesen Begriff.

## B. Altreifenentsorgung

### B.1 Sammlung



Gemäß ETRMA-Altreifenstatistik wurden 2011 670.000 t Altreifen entsorgt und wie folgt weiter verwertet:

- 14% Export
- 12% Runderneuerung
- 33% Granulation
- 39% Verbrannt

Interessant ist die Aussage, dass Reifen mit längerer Liegezeit durch die Sonne so brüchig werden, dass sie damit für

die Verwendung als Regranulat (z.B. Fußballplätze) nicht mehr geeignet sind und eigentlich nur noch thermisch verwertet werden können.

### B.2 Granulation

Bereits in 2011 begann in Europa eine Marktveränderung bei den Granulierwerken, da die Altreifen mittlerweile als Wertstoff erkannt, aber noch nicht als solcher klassifiziert wurden:

- Die Annahmegebühr wird zukünftig wegfallen
- Fertiges Granulat wird je nach Qualität tagespreisabhängig zur Zeit (August 2012) mit ca. 160 €/t gehandelt.
- Die Stromkosten steigen und erhöhen damit die laufenden Kosten (Energiebedarf Zerkleinerung 320 kWh/t + 0,12€/kWh → 38,4 €/t nur an Stromkosten)

### **B.3 Verbrennung**

Hinzukommt, dass der Altreifen Energie ist:

So hat ein Reifen mit 8 kg Gewicht einen Heizwert von ca. 61 kW, was in etwa 5,5 Litern Heizöl entspricht. Anhand der aktuellen Heizölpreise kann man sich ausrechnen, was bei der Verbrennung des Reifens an Heizöl eingespart wird.

### **B.4 Thermolyse**

Bereits 1985 wurden in Deutschland Thermolyseversuche mit Altreifen erfolgreich durchgeführt. Im California-Report 1364 von 1995 wurden umfangreiche Ergebnisse präsentiert, die zeigen, dass eine solche Verwertung möglich und sinnvoll ist.

Die steigende Zahl der Anfragen nach dieser Technik und die stetig steigenden Energiepreise, zeigen eine aufkommende Marktbereitschaft für diese Technik.

Die von DGE auf Zypern 2009 in Betrieb genommene Altreifen-Thermolyse beweist, dass es mit dem Drehrohr-Verfahren großtechnisch wirtschaftlich und umweltschonend möglich ist, Altreifen in neue Rohstoffe zu wandeln.

## **C. Zerkleinerungstechnologie**

Für die DGE-Thermolyse von Reifen wird kein gesiebtes und klassifiziertes Granulat benötigt!

Erfahrungsgemäß empfiehlt sich ein Granulat der Größe von 0,1 bis 20 mm (stahlfrei) zu verwenden.

Der separierte Stahl, ohne Wärmeeinfluß ist von hoher Qualität und läßt sich zum jeweiligen Tagesschrottpreis zum Wiedereinschmelzen verkaufen

### **C.1 Konventionelle Shredder + Granulatoren**

Gezeigt wird hier der Shredder für die Reifenthermolyse auf Zypern, hergestellt durch die Firma AMNI (Menden / Iserlohn):



Die typischen Leistungsdaten sind:

- Reifengröße bis 1,6m (LKW-Reifen)
- ca. 2,5 t/h fertiges metallfreies unklassifiziertes Granulat
- Stromverbrauch ca. 800 kW
- 0,32 kWh/kg Granulat

## C.2 Prallreaktoren

Die Firma Schäfer und die Firma Strahltechnik Illingen bieten Zerkleinerungsaggregate an, die wesentlich effektiver arbeiten können.

So erzeugt der Trennfuchs der Firma Strahltechnik Illingen folgende Fraktionen:



Metallfraktion



Granulat



Überfraktion

Je nach Prozesszeit entstehen reine bis hochreine Fraktionen, die zwar für fraktionale Verwertung, aber für den Thermolyseprozess nicht notwendig sind.



Für die Thermolyse ist ein Gemisch aus Überfraktion/Textile und Gummigranulat absolut ausreichend.

Damit vereinfacht sich die Förder- und Siebtechnik deutlich.

## D. Thermolysetechnik

### D.1 Basis

Prinzipiell funktioniert der Thermolyseprozess ganz einfach:

- Man nehme einen Kessel, fülle diesen mit Reifen,
- verschließe ihn gasdicht und erhitze ihn.
- Schon entsteht ein nach Schwefel stinkendes Gas, welches in einer Rohrwendel abgekühlt wird
- und man erhält ein dieselähnliches Öl und ein brennbares Gas.

Die Betonung liegt auf prinzipiell, denn das „stinkende Gas“ enthält:

- H<sub>2</sub>S → Gesundheitsgefährdend
- Methan → explosiv
- Kohlenmonoxid → Gesundheitsgefährdend
- Kohlendioxid → Gesundheitsgefährdend
- Wasserstoff → explosiv
- dazu noch reichlich Kondensate, die fachgerecht behandelt werden müssen.

Diese vereinfachte Art der Thermolyse im Hinterhof oder in der Scheune lehnen wir aus den o.g. Gefahren strikt ab! Notwendig ist bei diesem Prozess auf jeden Fall ein vorausschauendes Gefahren-Management!

### D.2 Batch-Prozess



Chinesische Hersteller bieten zur Zeit nicht nur auf dem asiatischen Markt große Trommelöfen an, die allerdings batchweise und unter fragwürdigen Bedingungen betrieben werden.

Man argumentiert mit dem angeblichen Vorteil, das komplette Reifen in die Trommel geworfen werden können.

Die Nachteile kann man bereits anhand des Bild klar erkennen:

- keine geschlossene Staubführung
- keine ordnungsgemäße Gasaufbereitung
- keinerlei Überwachung des Prozesses
- manuelle Arbeiten ohne jegliche persönliche Schutzausrüstung

Dadurch wird eine Gesundheits- und Explosionsgefährdung fahrlässig produziert und in Kauf genommen.

### **D.3 Kontinuierlicher Prozess**

Im Gegensatz dazu steht der technisch deutlich aufwändigere kontinuierliche Thermolyseprozess, der in Deutschland gemäß den Richtlinien des 4. BImSchG überwacht und gesteuert werden muss.

Durch ein mit entsprechender Sensorik ausgestattetes Leitsystem, werden kritische Tendenzen (z.B. ansteigende Temperaturen) frühzeitig erkannt und gegengesteuert. Der Mensch mit dem sehr hohen Fehlerfaktor 1:10 (1 von 10 Entscheidungen führt zum Unfall) hat hier nur noch überwachende Funktion.

Tatsache ist, dass viele Prozesse kurzzeitig oder im kleinen Massstab funktionieren. Für einen wirtschaftlichen Erfolg sind allerdings die gewinnbringenden Betriebsstunden notwendig.

Unter gewinnbringend versteht die DGE eine nachvollziehbare Produktion mit definierten Prozessparametern.

#### **D.3.1 Hamburger Verfahren (Wirbelschicht)**

Unter dem Hamburger Verfahren wird ein Wirbelschicht-Verfahren verstanden, welches sich grundsätzlich von der Drehrohr-Thermolyse unterscheidet!

Dieses ist laut Dipl.-Ing., Dipl.-Chem. Lutz Jürgen Baumann (Chemiker bei ASEA Brown Boveri) großtechnisch gescheitert. (<http://www.homburger-hingucker.de/?p=6614>)

Gemäß DGE vorliegenden Informationen ist das Wirbelschichtverfahren ein sehr komplexes und daher aufwändiges Verfahren, bei dem schon kleine technische Schwächen zu einem wirtschaftlichen Totalausfall führen können.

In der Industrie gibt es viele Prozesse und daraus entstehende Produkte, bei denen die Verfahren und auch die Produkte namensgleich sind, sich jedoch in Aufwand, Qualität, Lebensdauer und Umweltfreundlichkeit deutlich voneinander unterscheiden.

Das gilt auch für die (Pyrolyse) Thermolyse. Kleine Abweichungen im Prozess haben hier zum Teil riesige Veränderungen im Output und in der Qualität zur Folge.

#### **D.3.2 Synthesegasverfahren**

Thermoselect wurde auch leider zu einem Millionengrab, welches unter dem Begriff Pyrolyse geführt wird. Die Prozessführung ist vom DGE-Prozess völlig unterschiedlich und mit diesem nicht vergleichbar.

Je höher Prozesstemperaturen (>1000°C) und -drücke (>1 bar) werden, desto schwieriger lässt sich eine Wirtschaftlichkeit darstellen und desto fehleranfälliger werden die Prozesse.

Der bei den Syntheseverfahren übliche Einsatz von reinem Sauerstoff erhöht den Energieaufwand beträchtlich und ist eigentlich wirtschaftlich nicht darstellbar.

#### **D.3.3 Drehrohrverfahren**

Das Drehrohr-Thermolyseverfahren ist seit 1982 großtechnisch und erfolgreich in Burgau / Günzburg in Betrieb.

Diese und weitere Anlagen dien(t)en in erster Linie der Entsorgung und nicht der Produkt-Wertschöpfung und finanzier(t)en sich über die Müllgebühren.

Die von DGE 2009 in Zypern in Betrieb genommene Altreifen-Anlage unterscheidet sich deutlich, da erstmals eine definierte Monofraktion (Altreifengranulat) zu neuen Produkten umgearbeitet wurde.



Das technische Basis-Konzept entspricht in etwa der Salzgitteranlage (Mitte der 1980er Jahre), die allerdings mit unsortierten Müll (= Chemiecocktail) vorlieb nehmen musste.

Die Technik hat damals schon funktioniert, aber auf Grund des stets wechselnden Chemiecocktails konnte keine kontinuierliche (!) Ölqualität erzeugt werden, die für eine erfolgreiche Vermarktung notwendig ist.

Interessant ist die irrige Meinung, dass ein halbvoller Drehrohrreaktor unwirtschaftlicher läuft als ein voller. Bei einem vollen Drehrohrreaktor kommt der Prozess erst gar nicht bzw. mangelhaft in Gang. Da Russ/Kohlenstoff ein sehr guter Wärmeisolator ist, wird ohne perfekte Durchmischung der notwendige Wärmetransport zum Erliegen kommen.

Was im „Kleinlabor“ funktioniert, muss nicht automatisch im Industrieprozess ebenso funktionieren. Auch hier gilt es den Kleinversuch mit Wissen und Erfahrung zuerst industrietauglich zu machen.

#### **D.4 Produkte**

Unabhängig vom thermischen Verfahren entstehen bei der Altreifenthermolyse immer folgende Produkte:

- Ruß mit ca. 83% Kohlenstoffanteil
- Kondensatöl mit minimalem Wasseranteil
- Permanentgas

Wenn man noch die Produkte der Aufbereitung einrechnet erhält man noch:

- Metall
- Altreifengranulat (welches ja zum Großteil der Thermolyse zugeführt werden soll)

Aus der Permanentgasreinigung erhält man zudem noch geringe Mengen elementaren Schwefel, so dass im Regelbetrieb kein entsorgungspflichtiger Abfall anfällt.

##### **D.4.1 Ruß**

Dieser Ruß ist kein reinster Kohlenstoff (!), der für die Herstellung von Karbonfasern oder Elektroden genutzt werden kann. Man muss auch klar die Grenzen erkennen und nennen. Er kann aber bei folgenden Anwendungen eingesetzt werden:

- feinst gemahlen als Farbstoff im Kunststoff, Beton und in anderen Produktbeimischungen
- teilweiser Ersatz für Reinst-Ruß in der Gummiproduktion

- durch den hohen Heizwert (ca. 28 MJ/kg) kann der Ruß auch in Zementwerken oder Verbrennungskraftwerken (vorerst) genutzt werden.

Durch feine Variation des kontinuierlichen Prozesses sind die Parameter des Rußes einstellbar und damit für neue zukünftige Märkte variierbar.

#### **D.4.2 Kondensatöl**

Korrekt ist die Aussage, dass Altreifen-Kondensatöl kein harmloser Stoff ist. Auch Benzin enthält Benzole und der zulässige Werte von PAKs in Dieselöl ist in der Regel deutlich höher als beim Altreifen-Kondensatöl.

Ebenso gibt es bei Biogasanlagen einen Explosions-Bereich. Tatsache ist, dass bei korrekter Verwendung von zertifizierten Tanks keine Gefahren bestehen. Das ist mit den Bereichen von Tankstellen vergleichbar

Im Gegensatz zu den bisherigen Kondensatölen aus Biomassen (mit hohem Essigsäureanteil) ist Altreifenkondensat lagerstabil, verwendbar in einer Microturbine (getestet und Abgasparameter protokolliert!) zur Stromerzeugung oder in einem Dieselauto (getestet nur auf Betriebsgelände, jedoch über mehrere Jahre).

Das erhaltene Altreifen-Kondensat ist in den technischen Werten zwischen Diesel und Superbenzin und sollte prinzipbedingt in einem Multifuel-tauglichen Dieselgenerator auch ohne Probleme viele Jahre laufen.

Gemäß unseren vorliegenden Kontakten wird dieses Öl zur Verbesserung der Schweröls gewünscht, um die steigenden Umweltauflagen für die Schiffe erfüllen zu können.

Ebenso besteht, auf Grund spezieller Eigenschaften, Nachfrage aus der Petrochemie nach diesem Kondensat.

Ferner wurde uns die Abnahme beliebiger Mengen zugesagt, wenn wir garantieren, dass das Kondensat mindestens 12 Monate mit der gleichen Qualität lieferbar wäre. Durch das voll automatische Leitsystem im DGE-Prozess soll genau dies garantiert werden.

Auch hier kann durch Varianz der Prozessparameter die Qualität des Kondensates gemäß Kundenwunsch eingestellt werden.

## E. Zusammenfassung

Thermolysekondensatöl sehen wir zur Zeit nicht als Massenprodukt für Fahrzeuge oder den Heizöltank, sondern eher als Brückentechnologie, um stationäre Spitzenlastkraftwerke z.B. bei Greenparks zu versorgen.

Wir sind davon überzeugt, dass es mit gezielten Prozessparametern und zusätzlichen Technologien möglich ist, dieses Kondensatöl nach Kundenwunsch zu konditionieren und somit zu einem Rohstoff zu veredeln.

Bei der von uns und unseren Kooperationspartnern stetig fortschreitenden Weiterentwicklung dieser Technologie wollen wir statt einer einfachen Entsorgung durch Vernichtung (Müllverbrennung) neue Produkte herstellen, die den Verbrauch der Originalressourcen zumindest etwas reduzieren

### E.1 Stromverbrauch Zerkleinerung

Die im Internet zu findenden Energiewerte für die Altreifen-Zerkleinerung für unseren Drehrohrprozess können wir so nicht bestätigen. Hier einige unserer Erfahrungswerte:

System	Ist-Werte bezogen auf Granulatausstoß	Energiebedarf Strom
Angabe Reschner (Kryogen-Verfahren?)		1,2 kWh/kg
Shredder + Granulator (Ist-Wert!)	800 kW für 2,5 t/h	0,32 kWh/kg
Trennfuchs	500 kW für 2,5 t/h	0,20 kWh/kg
Schäfer	330 kW für 2,0 t/h	0,17 kWh/kg

### E.2 Wärmeenergieverbrauch Thermolyse

In unseren Anlagen wird das erzeugte Permanentgas im Regelfall für die Beheizung genutzt. Überschüssiges Gas wird direkt verstromt, um den externen Strombedarf zu reduzieren.

Denkbar ist auch eine elektrische Beheizung des Drehrohres, speziell dann, wenn das Permanentgas für externe Prozesse genutzt werden soll.

### E.3 Stromverbrauch Thermolyse

Zusätzlich fallen für den sicheren Anlagenbetrieb (Pumpen, Ventilatoren, Steuerung, Sensorik) noch folgende Stromverbräuche an:

System	Ist-Werte bezogen auf Granulatinput	Energiebedarf Strom
MINI	80 kW für 300 kg/h	0,27 kWh/kg
MAXI	300 kW für 1,2 t/h	0,25 kWh/kg
MASTER	400 kW für 2,4 t/h	0,17 kWh/kg

Damit fallen je nach Anlagengröße und Art der Aufbereitung 0,34 – 0,59 kWh/kg an elektrischem Strombedarf an. Für die Prozesswärme werden ca. 5- 10 % der eingetragenen stofflichen Energie genutzt.