

# Thermochemische Behandlung eines niederkalorischen Reststoffes zur Gewinnung von Sekundärrohstoffen

M. MEIRHOFER, C. DISSAUER, C. STRASSER  
*Bioenergy2020+ GmbH, Pinkafeld/Wieselburg, Österreich*  
R. KRANNER, C. WARTHA  
*FH-Burgenland, Pinkafeld, Österreich*

**ABSTRACT:** Rising demand on biogenic resources leads to a shortage and increases the competition of markets. Therefore the use of alternative feedstock comes to the fore and the awareness of the importance of an efficient and sustainable use of residue and waste is rising. The development of processes for an energetic and/or material utilization and so a cascading use of such materials is needed. In the present paper the potential for a pyrolytic treatment of a fine fraction of a mechanical-biological waste treatment plant is analyzed. In a series of experimental runs the influence of different process parameters as well as the use of natural catalysts on the pyrolysis process is being investigated.

The resulting products (solid, liquid, gaseous) of the process are analyzed concerning their material and energetic characteristics. These analyses include the gross calorific value, elementary and GC-MS analysis. Additionally the solid product is examined concerning the potential of volatile matter to get knowledge of the grade of conversion.

The experiments were carried out in a laboratory scale screw reactor with electrical heating and a capacity of about 5 kg/h. While tests proceeded without additive showed a maximum of liquid product at 400 °C the use of clinoptilolite as a natural catalyst caused a shift of the maximum to a temperature of 500 °C. The highest grade of conversion was achieved at 600 °C with as well as without catalyst. The experiment at 500 °C without catalyst showed similar results.

The gained liquid product consists mainly of two phases (oily/aqueous). At a temperature of 400 °C the quantity of the oily phase was at about 10 %, at 600 °C it was 35 %. The average gross calorific value was 34 MJ/kg. The chromatogram showed that the organic phase consists mainly of long-chained saturated and unsaturated hydrocarbons as well as derivatives of styrene. In comparison to pyrolysis oil gained from wood the organic phase differs in elementary composition. The oil converted from the fine fraction possesses higher amounts of carbon and hydrogen and a significant higher amount of nitrogen.

To get better knowledge of the process and the influence of the process parameters on the composition of the liquid product continuative experiments are planned. Therefore test runs with staged temperature levels will be conducted so the formation of the different components in the liquid can be shown as a function of the temperature. Further the possibility of deposition of the solid product on a landfill has to be examined.

## 1. EINLEITUNG

Die Pyrolyse ist ein seit Jahrzehnten bekanntes thermochemisches Verfahren mit welchem aus organischen Ausgangsstoffen (fossilen oder biogenen Ursprungs) feste, flüssige und/oder gasförmige Energieträger erzeugt werden können. Je nach Betriebsführung des Prozesses kann die Ausbeute des bevorzugten Produkts gesteuert werden. Im gegenständlichen Projekt wird die Verwertung einer Feinfraktion (kleiner 25 mm) aus einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlage (MBA) mittels Pyrolyse untersucht.

Derzeit wird diese Feinfraktion nach der Behandlung in einer Intensivrotte (biologische Stufe) der Dephonierung zugeführt. In der nachfolgenden Abb. 1 werden die Stoffströme der MBA dargestellt. Deutlich ersichtlich ist der hohe Mengenanteil der untersuchten Feinfraktion, wodurch die Relevanz von Nutzungsmöglichkeiten für den Anlagenbetreiber aufgezeigt wird.

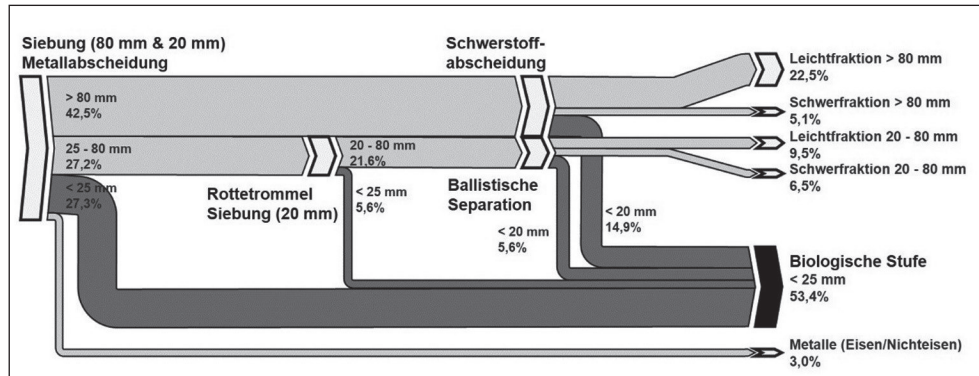


Abb. 1: Stoffflussdiagramm der untersuchten MBA-Anlage

## 2. MATERIAL UND METHODE

### 2.1 VERSUCHSMATERIAL

Wie in Abb. 1 ersichtlich macht die für die Pyrolyseversuche eingesetzte Feinfraktion mehr als 50 % des Anlageninputs aus. Die Charakterisierung des Stoffstroms über ein Jahr hinweg ergab im Mittel einen Wassergehalt von rund 38 %, einen Aschegehalt von ca. 51 % und einen Energieinhalt (Brennwert, Ho) von 10,9 MJ/kg.

### 2.2 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die im Folgenden beschriebenen Versuche wurden an einer kontinuierlich beschickbaren Pyrolyseanlage (Schneckenreaktor mit Mantelheizung) im Labormaßstab (bis 5 kg/h) durchgeführt. Ziel der Versuche ist es durch Parametervariation die optimalen Pyrolyseparameter für eine Optimierung der flüssigen Produkte festzustellen. Als Prozesstemperatur wurden 400, 500 und 600 °C gewählt. Je Versuch wurde rund ein Kilogramm Einsatzmaterial verwendet.

Neben der Auswertung der Massenverteilung der Produkte werden die Versuchsreihen durch Analysen der Produktströme ergänzt. Das Gas und das flüssige Produkt werden mittels GC-MS hinsichtlich ihrer Zusammensetzung analysiert. Der feste Rückstand wird zudem dahingehend untersucht ob dieser noch flüchtige Substanzen und somit Potential zur Erhöhung der Flüssigausbeute beinhaltet.

### 2.3 PRODUKTANALYSEN UND ERGEBNISSE

#### 2.3.1 Produktverteilung

In Abb. 2 werden die Produktverteilungen der Versuche in Abhängigkeit der Prozesstemperaturen dargestellt. Es zeigt sich die Tendenz, dass bei einem Temperaturanstieg von 400 °C auf 500 °C der Anteil des festen Rückstandes sinkt. Bei einer weiteren Erhöhung auf 600 °C bleibt der Anteil annähernd gleich. Gegenläufig zeigen sich die Mengen an flüssigen und gasförmigen Produkten. Ähnliche Ergebnisse erhielt Gopakumar bei der Pyrolyse von Kiefernholz. Hier wurde bei 450 °C der höchste Anteil an flüssigen Produkten erhalten (Gopakumar, 2012).

#### 2.3.2 Feststoff/ Pyrolysekoks

Um den Grad der pyrolytischen Zersetzung des Einsatzstoffes zu ermitteln wurden von den festen Rückständen der Anteil an flüchtigen Substanzen, der Gehalt an festem Brennstoff und der Aschegehalt bestimmt. Die flüchtigen Substanzen beschreiben dabei jenen Anteil der aus einer Probe ausgas, wenn diese bei 900 °C in einem geschlossenen Tiegel sieben Minuten lang temperiert wird. Um das verbliebene Potential bei den durchgeführten Versuchen besser zu beschreiben wurde abweichend von der Norm (ÖNORM EN ISO 18123) die Temperatur für die Analysen mit 500 °C gewählt. Der Aschegehalt wurde gemäß ÖNORM EN ISO 18122 bestimmt. Der Gehalt an festem Brennstoff (C-fix) ergibt sich aus der Differenz des Rückstandes aus der Bestimmung der flüchtigen Substanzen und dem Aschegehalt.

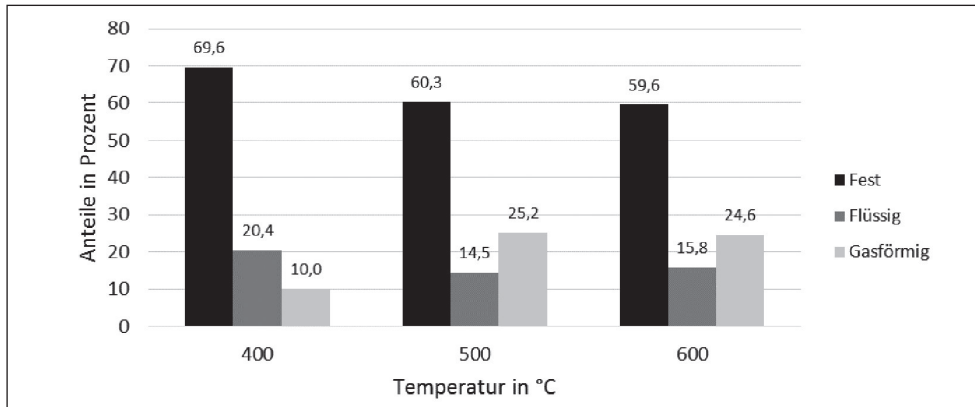


Abb. 2: Produktverteilungen und -ausbeuten in Abhängigkeit von der Temperatur

In Abb. 3 werden die Ergebnisse der Analysen der festen Pyrolyserückstände dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass mit steigender Temperatur der Verbleib von noch nutzbarer Substanz (flüchtige Substanzen) im Feststoff deutlich reduziert wird.

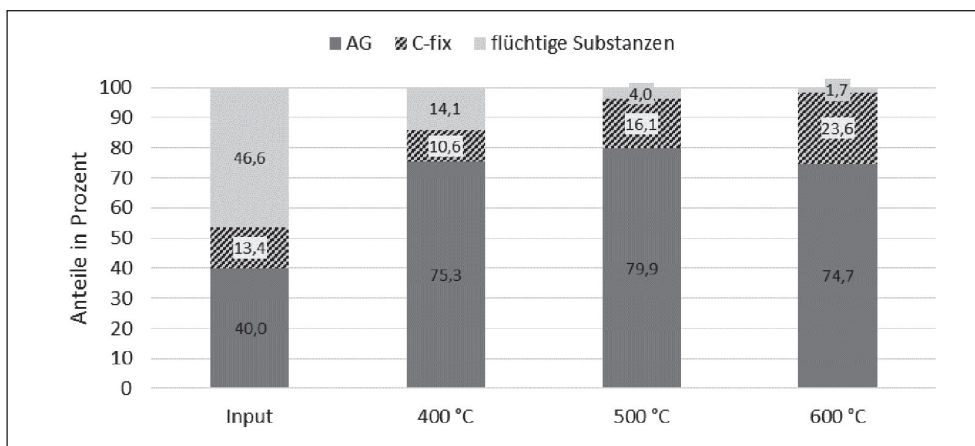


Abb. 3: Aschegehalt, C-fix und flüchtige Bestandteile der festen Pyrolyserückstände im Vergleich mit dem Inputmaterial

### 2.3.3 Flüssigkeit / Pyrolyseöl

Das gewonnene flüssige Produkt besteht in der Regel aus zwei Phasen (wässrig/ölig). Der Anteil der öligen Phase lag bei 400 °C bei rund 10 %, bei 600 °C waren ca. 35 % des Produkts ölig. Der Brennwert (Ho) der öligen Phase lag im Mittel über alle Versuche bei rund 34 MJ/kg.

Die Analysen mittels GC-MS zeigen (vgl. Abb. 4), dass die organische Phase hauptsächlich aus langkettigen gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen mit teilweise endständigen Hydroxid- bzw. Carboxygruppen sowie unterschiedlichen Styrolderivaten besteht. Eine Elementaranalyse ergab C: 64,25 m-%; H: 9,61 m-%; N: 3,18 m-%; S: 0,28 m-%; O: 22,68 m-%. Bezogen auf ein typisches Pyrolyseöl aus Holz (C: 56 m-%; H: 6 m-%; O: 38 m-%) (Bridgwater, 2012) zeigt sich hier, dass der Kohlenstoff- und der Wasserstoffgehalt höher sind und der Sauerstoffgehalt niedriger. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich auch im Stickstoffgehalt, dieser ist deutlich höher als bei einem Pyrolyseöl aus Holz.

### 3. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Ausgehend von den bisher durchgeführten Versuchen und deren Auswertung ist eine Prozessoptimierung zur Maximierung der Flüssigausbeute im Temperaturbereich zwischen 500 und 600 °C anzuedeln. Eine grobe Abschätzung des für die Pyrolyse notwendigen Energieinputs ergab einen Energiebedarf von rund 1.000 kJ/kg Feinfraktion. Aus einem Kilogramm Feinfraktion kann in etwa 0,0875 kg verwertbare flüssige Fraktion gewonnen werden. Dies entspricht einer Energie von 2.976 kJ bezogen auf 1 kg eingesetzter

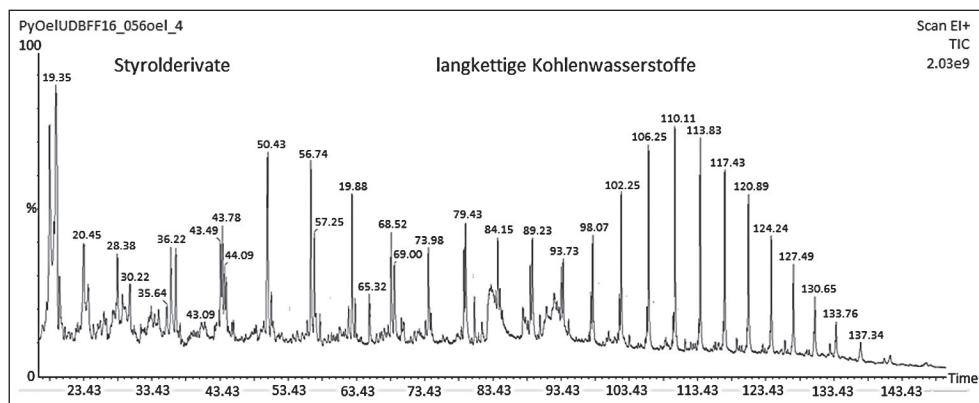


Abb. 4: Chromatogramm der GC-Analyse des flüssigen Produkts (ölige Phase)

Feinfraktion. Im Weiteren soll durch eine gestufte Prozessführung eine bessere Kenntnis über die Entstehung einzelner Produktkomponenten bei unterschiedlichen Temperaturniveaus gewonnen werden. Zur Bewertung der Umsetzbarkeit des pyrolytischen Behandlungsverfahrens für die untersuchte MBA-Fraktion ist zudem eine chemische Detailcharakterisierung des entstehenden festen Rückstandes hinsichtlich der Grenzwerte der Deponieverordnung (DVO, 2008) erforderlich.

### LITERATUR

- Bridgwater, A. V. (2012) Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 38, 68–94.
- Gopakumar, S. T. (2012) Bio-oil Production through Fast Pyrolysis and Upgrading to “Green” Transportation Fuels. Auburn University.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg., 2016) ÖNORM EN ISO 18122, Biogene Festbrennstoffe – Bestimmung des Aschegehaltes. Wien.
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg., 2016) ÖNORM EN ISO 18123, Biogene Festbrennstoffe – Bestimmung des Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen. Wien.
- Republik Österreich (Hrsg., 2008) Verordnung: Deponieverordnung, BGBl II Nr. 39/2008. Wien. zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 104/2014.

Kontaktdaten Autor(en):

Martina Meirhofer

Steinamangerstraße 21

7423 Pinkafeld

E-Mail: [martina.meirhofer@bioenergy2020.eu](mailto:martina.meirhofer@bioenergy2020.eu)