



# Wohin mit biogenen Rest- und Abfallstoffen?

## *Hydrothermale Carbonisierung als Schlüsselprozess für eine effiziente energetische Nutzung*

**Biomasse ist eine wertvolle Ressource innerhalb eines erneuerbaren Energiesystems. Für Biomassearten wie naturbelassenes Holz besteht bereits eine starke Rohstoffkonkurrenzsituation. Dagegen wurden 2010 nach Angaben des Statistischen Bundesamtes in Deutschland 8,73 Millionen Tonnen biogene Haushaltsabfälle erfasst und nur 1,6 % energetisch genutzt. Sind Haushaltsabfälle als klimafreundliche Alternative für Braunkohle geeignet? In Halle an der Saale entsteht derzeit eine Anlage, die biogene Reststoffe durch den Prozess der Hydrothermalen Carbonisierung (HTC) in einen Biobrennstoff**

**umwandelt. Wissenschaftler des Deutschen Biomasseforschungszentrums gemeinnützige GmbH (DBFZ) in Leipzig begleiten in enger Kooperation die Hallesche Wasser und Stadtwirtschaft GmbH (HWS) / Stadtwerke Halle bei der Errichtung dieser Anlage. Umfangreiche Laboruntersuchungen und Vor-Ort-Messungen, sind notwendig, um den Prozess zu optimieren.**

### **HTC unter Einsatz biogener Reststoffe**

Die HTC ist ein thermochemischer Konversionsprozess, der unter Druck in heißem Wasser als Reaktionsmedium stattfindet. Nach einer Vorwärmung erfolgt ein teilweiser

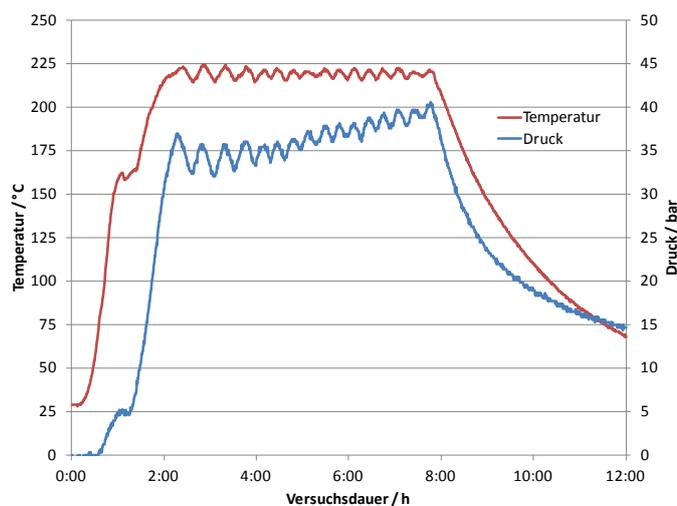


Abbildung 1: Typische Temperatur-Druck-Zeitkurve während eines HTC-Laborversuches

bis vollständiger Abbau der Biomassepolymere zu kleineren Bausteinen, etwa den Monomeren. Ausgehend von dieser Zwischenstufe erfolgt unter Bildung von Wasser ein Wiederaufbau langer Kohlenstoffketten. Die HTC führt infolgedessen zu einer Kohlenstoffanreicherung in der Feststoffphase und zu einer Änderung der inneren Struktur. Aus diesem Grund wird die HTC auch als künstliche Inkohlung bezeichnet. Die HTC arbeitet mit einer Temperatur von 180 bis 250 °C und einem Druck von 10 bis 40 bar. Die Reaktionsdauer beträgt mehrere Stunden. Als Produkt entsteht eine HTC-Kohle, die mit ihren chemischen und brennstofftechnischen Eigenschaften zwischen jenen von Holz und Braunkohle liegt. Die entwässerte und getrocknete HTC-Kohle bietet somit die Möglichkeit, Braunkohle zu ersetzen ohne Veränderungen beispielsweise an der Verbrennungstechnik, vornehmen zu müssen.

Da die HTC in einer wässrigen Phase stattfindet, sind vor allem nasse Biomassen als Einsatzstoff geeignet. Eine für klassische, thermochemische Verfahren notwendige Trocknung entfällt. Im Vergleich zur verwendeten Eingangsbiomasse lässt sich die HTC-Kohle deutlich besser mechanisch entwässern. Dies führt zu einer deutlichen Einsparung von Trocknungswärme und zu erheblichen Effizienzsteigerungen. Das Verfahren bietet die Möglichkeit, das Potenzial an bisher weitgehend energetisch ungenutzten, biogenen Reststoffen wie biogenen Siedlungs-

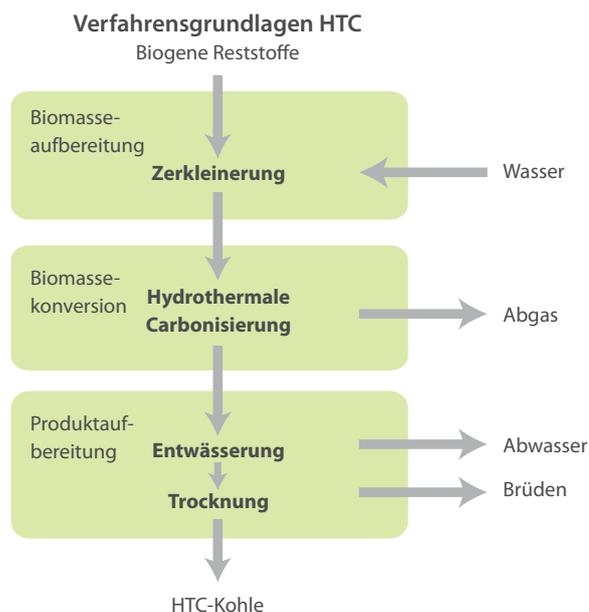


Abbildung 2: Verfahrensschritte der HTC-Anlage

abfällen (Biotonne), Klärschlamm, Gärresten, gartenbaulichen und landwirtschaftlichen Reststoffen sowie Resten aus der Lebensmittelindustrie für eine energetische Anwendung zu erschließen und effizient einzusetzen.

### Neues Verfahren mit alten Wurzeln

Das Grundprinzip des Verfahrens ist nicht neu. Friedrich Bergius hatte die Hydrothermale Carbonisierung als einen Weg der Inkohlung 1913 bei der Suche nach den Entstehungsmechanismen der Kohle entdeckt und beschrieben. Bergius hatte damals erkannt, dass die HTC den chemischen Gesetzen folgt, wonach die Reaktion doppelt so schnell abläuft, wenn die Temperatur um 10 Kelvin erhöht wird. Damit wurde es möglich, den Prozess der Inkohlung, der auf der Erde Millionen Jahre dauerte, im Labor bei erhöhten Temperaturen in wenigen Stunden ablaufen zu lassen. Dabei muss die Biomasse vollständig von Wasser umgeben sein. Dies stellt eine technische Herausforderung dar, denn mit steigender Temperatur steigt auch der Dampfdruck des Wassers. Bei 180 °C beträgt der Dampfdruck von Wasser schon 10 bar, bei 250 °C sind es bereits 40 bar. Die HTC kann somit nur in Druckbehältern durchgeführt werden. Allerdings sind in chemischen Anlagen auch mehrfach höhere Drücke üblich, am Gartenschlauch sind schon bis zu 6 bar im Einsatz.

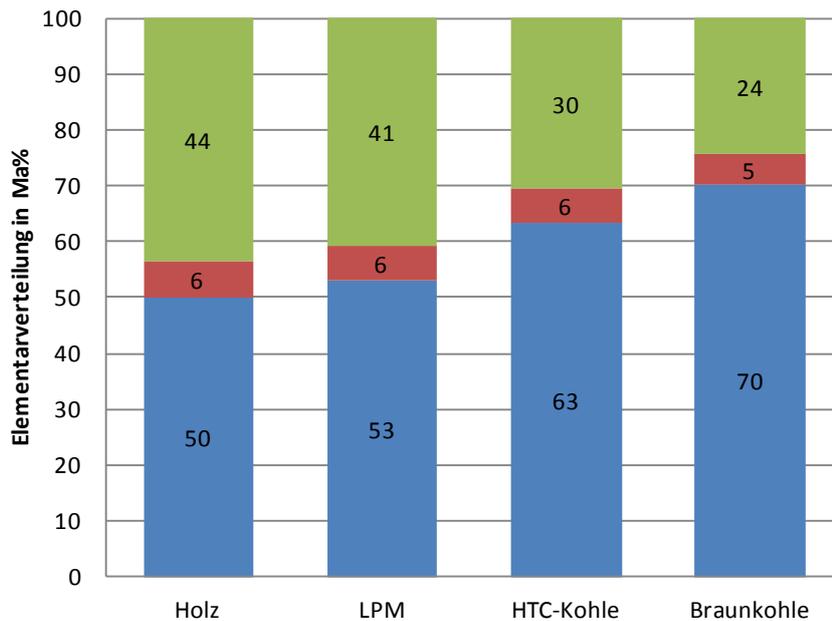


Abbildung 3: Massenspezifische Verteilung der Elemente C, H, O für Holz, Landschaftspflegematerial (LPM), HTC-Kohle und Braunkohle (jeweils bezogen auf den wasser- und aschefreien Brennstoff)

■ O  
■ H  
■ C

### Laborversuche wurden am DBFZ durchgeführt

Über einen Zeitraum von einem Jahr wurden die drei Reststofffraktionen Landschaftspflegematerial, Bioabfall und Gärrest der HWS im Abstand von zwei Monaten beprobt und am DBFZ analysiert, um die jahreszeitlichen Schwankungen in der Zusammensetzung zu ermitteln. Anschließend wurden die biogenen Reststoffe im Labor in einem speziellen Druckbehälter bei unterschiedlichen Temperaturen und innerhalb unterschiedlicher Verweilzeiten carbonisiert. Die erzeugten HTC-Kohlen wurden chemisch und brennstofftechnisch analysiert sowie Massen- und Energiebilanzen der HTC-Versuche aufgestellt. Die mittlere Massenausbeute bezogen auf die Trockensubstanz (TS) der Eingangsbiomasse beträgt 80 %. Mit anderen Worten, lassen sich aus 100 kg Trockensubstanz eines biogenen Reststoffes 80 kg HTC-Kohle produzieren. Der energetische Wirkungsgrad beträgt bezogen auf den Brennwert der eingesetzten Biomasse etwa 90 %. Das bedeutet: 90 % der in der Biomasse gespeicherten chemischen Energie finden sich in der HTC-Kohle wieder. Der Rest wird bei der hydrothermalen Umwandlung als Wärme freigesetzt. Die HTC ist folglich ein exothermer Prozess. Der Kohlenstoff reichert sich während der HTC im festen Produkt an. Der Brennwert biogener Festbrennstoffe nimmt mit steigendem Kohlenstoffanteil zu. Daher weisen die kohlenstoffreichen HTC-Kohlen einen höheren Brennwert als die einge-

setzte Biomasse auf. Ziele der Untersuchungen waren, die ausgewählten biogenen Reststoffe für deren Einsatz in der HTC zu bewerten sowie optimierte Prozessparameter für die entstehende Großanlage zu ermitteln.

### Vom Labor in die Praxis – Die HTC-Anlage Halle

Die HTC-Anlage der HWS wird 2013 ihren Betrieb aufnehmen. Mit einem jährlichen Durchsatz von 2.500 Tonnen Ausgangsmaterial wird sie die erste ihrer Größenordnung für kommunale biogene Reststoffe sein. Die Anlage wird in das bestehende Verwertungskonzept der 230.000-Einwohnerstadt integriert. Herzstück der Anlage ist ein kontinuierlich arbeitender Rohrreaktor, in dem die hydrothermale Umwandlung der Biomasse stattfindet. Um sicherzustellen, dass die Biomasse während der Reaktion vollständig von Wasser umschlossen ist, wird die Biomasse im Vorfeld zerkleinert und mit Wasser vermischt. Anschließend wird die wässrige Biomassesuspension in den Reaktor gefördert und kontinuierlich erwärmt. Mit steigender Temperatur beginnt die HTC der Biomasse. Es entsteht HTC-Kohle. Nach einer Verweilzeit von mehreren Stunden verlässt die HTC-Kohle den Reaktor und wird mechanisch entwässert. Das abgetrennte Prozesswasser wird in den Anmischbehälter am Anfang der Anlage zurückgeführt und dort mit neuer Biomasse vermischt. Die entwässerte HTC-Kohle wird getrocknet und im Interesse einer effektiven energetischen Nutzung pelletiert.



Abbildung 4: Techniker Ronny Neuenfeldt betreute die Laborversuche am DBFZ.



Abbildung 5: HTC-Kohle

Obwohl bei der HTC Wärme freigesetzt wird, benötigt die Anlage sowohl für die Erwärmung als auch für die Trocknung zusätzliche Energie in Form von Wärme. Die HTC-Anlage wird aus diesem Grund auf dem Gelände der Deponie Halle-Lochau errichtet. Hier befindet sich ein Blockheizkraftwerk, dessen bislang ungenutzte Abwärme die Prozesswärme für die HTC bereitstellt. Durch die Nutzung der Abwärme kann Energie eingespart und die Wirtschaftlichkeit der HTC-Anlage gesteigert werden.

### HTC als Option für weitere Kommunen

Nach Inbetriebnahme der HTC-Anlage im März 2013 wird das DBFZ den Anlagenbetrieb wissenschaftlich begleiten und die HWS bei der Anlagenoptimierung unterstützen. Geplant ist die Übertragung der im Labor ermittelten optimierten Prozessparameter. Vor-Ort-Messungen werden weitere Daten zur Ermittlung der Massen- und Energiebilanzen der HTC-Anlage liefern. Diese wiederum bilden die Grundlage für die ökologische und ökonomische Bewertung des gesamten Herstellungsprozesses der HTC-Kohle. Letztlich wollen die Wissenschaftler des DBFZ mit ihren Partnern ein Konzept liefern, welches auf andere Kommunen übertragbar ist. In ihrem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Projekt versuchen sie einer zentralen Forderung an die Bioenergiebranche nachzukommen, verstärkt bisher ungenutzte, biogene Reststoffe für die energetische Nutzung zu erschließen.

Darüber hinaus werden im Technikum des DBFZ Pelletier- und Verbrennungsversuche in Kleinf Feuerungsanlagen durchgeführt, um das Abbrandverhalten der HTC-Kohle zu untersuchen und die Emissionen zu messen. Fernziele sind dabei die Schaffung eines gleichwertigen Ersatzes für Biomassepellets sowie die Nutzung der HTC-Kohle auf der Basis thermochemischer Vergasung. Hierzu wird es notwendig sein, das HTC-Verfahren weiterzuentwickeln, um die Kohlequalität in einem weiten Bereich durch die gezielte Einstellung des Heizwertes, des Aschegehaltes und der Zusammensetzung für den jeweiligen Einsatzfall anzupassen.



**Andreas Clemens, Marco Klemm, Michael Nelles**  
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH

**Falko Kietzmann, Regina Blümel, Daniela Nehl**  
Hallesche Wasser und Stadtwirtschaft GmbH

E-Mail: [andreas.clemens@dbfz.de](mailto:andreas.clemens@dbfz.de)