

Gefördert durch



Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen



**Ziel 2 – Programm NRW 2007 – 2013 (EFRE)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung**

**Aufbau eines Zentrums zur Hydrothermalen Carbonisierung
von Biomasse in Nordrhein-Westfalen**

Schlussbericht

Fachgebiet Abfallwirtschaft und Deponietechnik
Professor Dr.-Ing. Hans-Günter Ramke
Dipl.-Ing. (FH) Dennis Blöhse
Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Fachbereich Umweltingenieurwesen und Angewandte Informatik

Höxter, September 2015

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Inhaltsverzeichnis	I
Verzeichnis der Anlagen	II
1 Aufzählung der wichtigsten Ereignisse im Projektverlauf	1
2 Projektergebnisse	2
2.1 Gerätetechnische Optimierung des halbtechnischen Durchlaufreaktors	2
2.2 Begleitende analytische Methodenentwicklung	5
2.3 Untersuchung spezifischer Substrate und Nachbehandlung der Biokohle	7
2.4 Auswertung von Messreihen, Vorbereitung von Publikationen	8
2.5 Mitwirkung beim Technologietransfer	9
3 Resümee	11

Verzeichnis der Anlagen

*Anlage 1 Nachrüstungskonzept für den halbtechnischen
HTC-Durchlaufreaktor*

*Anlage 2 Selektive TOC-Bestimmung an HTC-Biokohlen
(Präsentationsunterlagen)*

*Anlage 3 Untersuchungen zur Hydrothermalen Carbonisierung
spezifischer Substrate*

*Anlage 3.1 Hydrothermale Carbonisierung von Schlämmen
der Papierindustrie in Indien*

Anlage 3.1.1 Teil 1: Januar 2014

Anlage 3.1.2 Teil 2: Februar 2014

Anlage 3.2 Hydrothermale Carbonisierung von Gärresten

Anlage 3.3 Hydrothermale Carbonisierung von Klärschlamm

Anlage 3.3.1 Teil 1: April 2014

Anlage 3.3.2 Teil 2: Juni, 2015

Anlage 4 Daten-DVD

*Dieser zur Veröffentlichung bestimmte Teil des Schlussberichts
enthält keine Anlagen.*

1 Aufzählung der wichtigsten Ereignisse im Projektverlauf

Wie im Antrag zu diesem Projekt erläutert und seitens der Bewilligungsbehörde genehmigt wurde begann das Projekt am 01.07.2009 (vorzeitiger Maßnahmenbeginn). Der Antrag beschrieb die wesentlichen Ereignisse und Ergebnisse etwa bis zum Jahresende 2011 (Datum der Antragstellung: 18.11.2011).

Der Zuwendungsbescheid des MIWF NRW traf am 28.02.2012 an der Hochschule OWL ein und wurde dem Unterzeichner zum 03.04.2012 zugeleitet. Die Berichterstattung wurde deshalb zum 01.04.2012 begonnen. Als Durchführungszeitraum wurde der 01.07.2009 bis zum 31.12.2014 festgelegt, der Bewilligungszeitraum war der 01.07.2009 bis zum 31.03.2015.

Mit Schreiben vom 06.01.2015 wurde dem Antrag des Antragstellers vom 18.11.2014 auf kostenneutrale Verlängerung der Projektlaufzeit stattgegeben. Der Durchführungszeitraum wurde bis zum 30.06.2015, der Bewilligungszeitraum bis zum 30.09.2015 verlängert.

2 Projektergebnisse

2.1 Gerätetechnische Optimierung des halbtechnischen Durchlaufreaktors

Der halbtechnische Durchlaufreaktor für die Hydrothermale Carbonisierung, der im Fachgebiet Abfallwirtschaft und Deponietechnik entwickelt und realisiert wurde, konnte im Oktober 2011 in Betrieb genommen werden. Dieser Durchlaufreaktor ist ein Kernelement des Zentrums für Hydrothermale Carbonisierung in Ostwestfalen-Lippe. Eine solche quasikontinuierlich arbeitende Versuchsanlage existierte weder zum Zeitpunkt der Beantragung noch nach Abschluss dieses Vorhabens an anderen Forschungseinrichtungen.

Der Durchlaufreaktor wurde in Zusammenarbeit mit dem verfahrenstechnischen Berater des Fachgebiets, Herrn Dr. LEHMANN, konzipiert. Herr Dr. LEHMANN war von Anfang an in die Arbeiten zur Hydrothermalen Carbonisierung eingebunden, weil entsprechende Ressourcen an der HOCHSCHULE OSTWESTFALEN-LIPPE nicht verfügbar waren. Die verfahrenstechnischen Beratungsleistungen von Herrn Dr. LEHMANN wurden von der Hochschule vorfinanziert und sind Bestandteil dieses EFRE-Projekts.

Der halbtechnische Durchlaufreaktor mit einem Volumen von 200 L wurde dann im Rahmen des folgenden FHPROFUND-Projekts gebaut:

- RAMKE, H.-G.; BLÖHSE, D., 2014: Verbesserte energetische Nutzung organischer Industrieabfälle durch Hydrothermale Carbonisierung
BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG, Förderlinie FHprofUnd 2009, Förderkennzeichen: 1729X09, Schlussbericht

Die Projektmittel hätten aber nur eine Basisvariante zugelassen. Durch die Kooperation mit dem Schweizer Unternehmen KELAG (mittelständischer Anlagenbauer), dem Liechtensteiner Ingenieurbüro TFC und der COWA GmbH (Anlagenbauer aus Remscheid, Tochterunternehmen der KELAG) konnte ein Prototyp des Durchlaufreaktors zur kontinuierlichen Carbonisierung von Klärschlämmen und Klärschlamm-Bioabfallgemischen entwickelt und gebaut werden, der auch weitergehende Anforderungen erfüllte. Dieser bei der COWA in Remscheid gebaute Reaktor erlaubt ein optimiertes Wärmemanagement, das für die Wirtschaftlichkeit des ganzen Prozesses von großer Bedeutung ist.

Im Rahmen dieses EFRE-Projekts wurde außerdem ergänzende Infrastruktur finanziert. Besonders zu erwähnen ist ein Container zur Unterbringung der Anlage, der einen semimobilen Versuchsbetrieb zulässt.

Die halbtechnische, semimobile Versuchsanlage ist eine wesentliche Voraussetzung für die notwendigen Arbeiten zur praktischen Implementierung der Hydrothermalen Carbonisierung, weil von anderen Arbeitsgruppen zum Zeitpunkt der Antragstellung keine und bis zum Abschluss des Projekts kaum systematische Untersuchungen im halbtechnischen Maßstab zur Energiebilanz der HTC sowie zur Optimierung des HTC-Prozesses im Hinblick auf die Verbrennungseigenschaften der HTC-Biokohle durchgeführt wurden.

Die weitere gerätetechnische Optimierung des Durchlaufreaktors war ein permanenter Prozess, der von Beginn des Jahres 2012 bis zum Abschluss des Projekts im Sommer 2015 kontinuierlich fortgesetzt wurde. Durch den Techniker des Fachgebiets wurden zahlreiche Umbaumaßnahmen am Reaktor durchgeführt bzw. begleitet.

Im Einzelnen sind seit März 2012 im Rahmen des Projekts die folgenden Maßnahmen vorgenommen worden:

- 1. Halbjahr 2012

Im ersten Halbjahr 2012 wurde die Suspensionsrückführung geändert und die die Heizungsanlage des halbtechnischen Durchlaufreaktors verbessert.

Die an der Anlage aufgetretenen Mängel konnten behoben werden, die Verbesserungen wurden implementiert. Der Reaktor stand im Herbst 2012 wieder zur Verfügung.

- 2. Halbjahr 2012

Besonders zu erwähnen ist in diesem Halbjahr die Nachrüstung der Containeranlage mit einem Gaswäscher. Hinzu kamen die üblichen kleineren Reparaturen und Anpassungsmaßnahmen.

Die Installation eines Gaswäschers ist eine wesentliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Reaktors im Hinblick auf einen emissionsarmen Betrieb.

- 1. Halbjahr 2013

Neben den üblichen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten standen zwei Aufgaben im Vordergrund:

- Beantragung der Verlängerung des Versuchsbetriebs

Für den KREIS HÖXTER wurden die Unterlagen für die Betriebsgenehmigung nach BImSchG zusammengestellt, für die BEZIRKSREGIERUNG DETMOLD die erforderlichen Angaben für den Betrieb eines Druckbehälters.

- Konzeption notwendiger Umbaumaßnahmen

Die Konzeption der notwendig gewordenen Umbaumaßnahmen umfasste die folgenden Punkte: Auswertung der bisherigen Betriebserfahrungen, Schwachstellenanalyse, Konzeption der Umbau- und Nachrüstungsmaßnahmen, verfahrenstechnische Beschreibung und energetische Analyse, Kostenschätzung, Einholung von Angeboten für Komponenten, Koordination der Kooperationspartner.

Eines der Hauptziele der Umbaumaßnahmen bestand darin, die halbtechnische HTC-Anlage in die Lage zu versetzen auch gröbere Substrate zu carbonisieren. Außerdem sollte die interne Fest-Flüssig-Separation verbessert werden.

- 2. Halbjahr 2013

Bei der gerätetechnischen Optimierung des Durchlaufreaktors wurden in diesem Halbjahr wiederum zwei Aufgaben wahrgenommen:

- Koordination geplanter Umbaumaßnahmen des Reaktorsystems
Einholung weiterer Angebote für die benötigten Komponenten (Filterpresse, Gaswäscher), Koordination der Bestellung und des Baues der neuen Eintragsvorrichtung (Kolbenpumpe der Fa. ABEL)
- Mitwirkung bei der Verbesserung der Infrastruktur und der Arbeitssicherheit
Mitwirkung bei der Konzeption der gebäudetechnischen Umbau- und Nachrüstungsmaßnahmen (Optimierung des Laborabluftsystems), Zusammenarbeit mit der Fachkraft für Arbeitssicherheit (Festlegung des Bedarfs an zusätzlicher Dokumentation: z.B. Gefährdungsbeurteilung, Betriebsanweisungen, Unterweisungsunterlagen für das Betriebspersonal)

Der halbtechnische Durchlaufreaktor war erst wieder nach dem Umbau des Reaktorsystems und der Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit zu nutzen.

- 1. Halbjahr 2014

Im zweiten Quartal 2014 stand die neue Eintragspumpe in Höxter zur Verfügung, und die weitere Peripherie wurde endgültig definiert. Im Rahmen des Projekts erfolgte die Integration der neuen Komponenten in die Anlage.

- 2. Halbjahr 2014

Die neue Eintragspumpe wurde angeschlossen und der mechanische Umbau des Containers beendet.

- 1. Halbjahr 2015

Die gerätetechnische Optimierung des Durchlaufreaktors wurde im 1. Halbjahr 2015 mit der elektrotechnischen Nachrüstung (Steuerung) weitgehend abgeschlossen. Die Optimierung des Austrags muss noch realisiert werden. Auch die Abluftreinigung wurde verbessert, und die zusätzlichen Arbeitsschutzdokumente wurden erstellt.

Die erneute Inbetriebnahme des halbtechnischen Durchlaufreaktors ist für das zweite Halbjahr 2015 vorgesehen, nachdem auch die erneute TÜV-Abnahme erfolgt ist. Im Anschluss daran ist die Erprobung unter Betriebsbedingungen auf einer Abwasserreinigungs- oder Biogasanlage geplant. Eine entsprechende Anfrage liegt bereits vor.

Das Nachrüstungskonzept für den Durchlaufreaktor ist dem Abschlussbericht als Anlage 1 beigelegt.

2.2 Begleitende analytische Methodenentwicklung

Mit der begleitenden analytischen Methodenentwicklung wurde nach der Lieferung der Geräte im 4. Quartal 2012 begonnen.

Die Arbeiten umfassten die üblichen Schritte bei der Methodenentwicklung.

- Inbetriebnahme und Test der Geräte
- Kalibrieren der Geräte
- Untersuchung von Standards und Referenzsubstanzen
- Analyse der realen (HTC-)Proben mit ihren spezifischen Eigenschaften
- Abgleich der Ergebnisse mit Standard- und Alternativverfahren
- Erstellung von Standardarbeitsanweisungen
- Erstellung von Betriebsanweisungen für den Arbeitsschutz

Insbesondere zwei Methoden wurden für die spezifischen Anforderungen der Analytik von HTC-Biokohlen neu- bzw. weiterentwickelt:

- Selektive TOC-Analytik von Feststoffen mit dem LIQUI-TOC (ELEMENTAR):

Ein Meilenstein in der Methodenentwicklung war der Abschluss der temperaturselektiven Bestimmung des organischen Kohlenstoffs bei HTC-Biokohlen.

Mit der temperaturselektiven TOC-Analytik ($\text{TOC}_{\text{select}}$) können die leicht-, mittel- und schwerflüchtigen Bestandteile in einem Feststoff in einem Analysengang ermittelt werden.

Dieser Weg der modifizierten TOC-Analytik hat sich als sehr interessant für die rasche Gewinnung von Aussagen zu den Eigenschaften von HTC-Biokohlen herausgestellt.

Damit steht jetzt ein sehr aussagefähiges analytisches Instrument zur schnellen und qualitativ hochwertigen Beurteilung von HTC-Biokohlen zur Verfügung.

Im Rahmen der Methodenentwicklung wurde auch an einem DIN-Ringversuch unter Leitung der RWTH-AACHEN (DIN 19539) teilgenommen,

Die Methode für die TOC-Analytik von Feststoffen mit dem LIQUI-TOC wurde außerdem ins Englische übersetzt.

- Verbesserung der $\text{AT}_{4/28}$ -Aufstockungsmethode (aerobe Abbaubarkeit)

Die im Fachgebiet Abfallwirtschaft und Deponietechnik entwickelte $\text{AT}_{4/28}$ -Aufstockungsmethode dient der Bestimmung der aeroben Abbaubarkeit der HTC-Biokohle. Dazu wird die biologisch inerte HTC-Biokohle einer Kompostmatrix zugesetzt, um ein ausreichendes Dargebot an Mikroorganismen sicherzustellen.

Die Methode wurde zwar in früheren Projekten erfolgreich eingesetzt, es zeigten sich bei größeren Probenmengen jedoch noch einige nicht unerhebliche Probleme (Abbruch des Sauerstoffverbrauchs nach einigen Wochen, Fragen der adäquaten Nachbelüftung, Austausch von Reaktionsflüssigkeiten), die einer zuverlässigen Anwendung der Methode noch entgegenstanden.

Nach einer intensiven Literaturrecherche zu vergleichbaren Methoden und etlichen Vortests, mit denen unterschiedliche methodische Aspekte geklärt wurden, wurde die Methode an mehreren Proben erfolgreich getestet und die Methodenbeschreibung (SOP) entsprechend geändert.

Die Arbeiten zur selektiven TOC-Bestimmung und zur Verbesserung der AT_{4/28}-Aufstockungsmethode wurden bzw. werden im Rahmen des Fachgesprächs Feststoffuntersuchung des BEW-MUNLV NRW der Fachöffentlichkeit bekanntgemacht:

- RAMKE, H.-G.; BARBE, K.; MITROFAN, CH.; LEHMANN, H.-J.; BLANK, A.; KOßMANN, K.; PLÄSCHKE, 2014: Selektive TOC-Bestimmung an HTC-Biokohlen in: Fachgespräch Feststoffuntersuchung 2014 – Trends und Tendenzen in der Abfall-, Boden- und Altlastenuntersuchung
BEW-MUNLV-Seminar, BEW Bildungsstätte Essen, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW
- RAMKE, H.-G.; BLÖHSE, D.; BLINOVA, L.; THIEL, B. A., 2016: Optimierung AT_{4/28}-Aufstockungsmethode für die Untersuchung der aeroben Abbaubarkeit von HTC-Biokohlen
Fachgespräch Feststoffuntersuchung 2016, 29.02./01.03.2016
BEW-MUNLV-Seminar, Beitrag angemeldet und angenommen

Der Beitrag aus dem Jahre 2014 ist als Anlage 2 dem Abschlussbericht beigelegt.

Außerdem wurden die folgenden Standardmethoden im Labor für Abfallwirtschaft eingeführt bzw. angepasst:

- TOC-Analytik mit dem LIQUI-TOC in Flüssigkeiten
- TIC-Analytik mit dem LIQUI-TOC in Feststoffen
- Nachrüstung des Elementaranalysators mit dem Schwefel-Detektor
- Photometrische Bestimmung des Sulfatgehaltes in HTC-Prozesswässern
- Ionenchromatographische Analyse von Carbonsäuren in HTC-Prozesswässern
- Gaschromatographische Analyse von Komponenten des HTC-Prozessgases
- Bestimmung der spezifischen Oberfläche nach BET

Einige der Arbeiten zur Methodenentwicklung konnten wegen der geschilderten Personalfuktuation nicht vollständig beendet werden. Hierzu zählen die Anpassung der Gaschromatographen und des Ionenchromatographen auf die Belange der HTC-Analytik sowie die systematische Erprobung der Bestimmung der spezifischen Oberfläche.

2.3 Untersuchung spezifischer Substrate und Nachbehandlung der Biokohle

Die im vorigen Absatz erläuterte Methodenentwicklung erlaubte auch die weitergehende Untersuchung spezifischer Substrate.

Eingesetzt wurden für die Untersuchung der HTC-Biokohlen dabei vor allem die folgenden Methoden:

- Elementaranalyse einschließlich der Schwefelbestimmung (CHNS)
- Kohlenstoffanalyse mit dem LiquiTOC
- Proximatanalyse und Heizwertbestimmung

An spezifischen Substraten wurden die folgenden Materialien hinsichtlich ihrer Eignung für die Hydrothermale Carbonisierung untersucht:

- Reststoffe der Nutzung der Kokospalme
(geliefert von der COCOMAS INDONESIA)
- Schlämme aus der indischen Papierindustrie
(geliefert von der KELAG AG in Zusammenarbeit mit indischen Partnern)
- Pferdemist aus einem Reitbetrieb im Münsterland
(Untersuchungen im Rahmen einer Studienarbeit)
- Gärreste und Gärsubstrate
(AGRAVIS RAIFFEISEN AG, Biogasanlage Münsterland)
- kommunale Klärschlämme
(HANSEWASSER, Kläranlage Bremen)

Das kurzfristige Ziel dieser Arbeiten bestand darin, belastbare Daten über die Prozessführung und die Eigenschaften der HTC-Biokohlen aus diesen Input-Materialien als Basis für die weitere Anlagenkonzeption zu erhalten.

Die Untersuchungen bestätigten, dass insbesondere Abfälle und Reststoffe mit einem hohen Wassergehalt für die Hydrothermale Carbonisierung geeignet sind. Innerhalb der gesamten Prozesskette ist dabei der Behandlung des Prozesswassers erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

In den Anlagen 3.1 bis 3.3 sind die Ergebnispräsentationen zu den Untersuchungen der Schlämme aus der Papierindustrie, der Gärreste und Gärsubstrate sowie der kommunalen Klärschlämme zusammengestellt.

Mittelfristig ist es vorgesehen, gemeinsam mit den Betreibern der letztgenannten Anlagen Pilotversuche mit dem halbtechnischen Durchlaufreaktor durchzuführen und darauf aufbauend Pilotanlagen zu entwickeln und zu erproben.

2.4 Auswertung von Messreihen, Vorbereitung von Publikationen

Die erweiterte wissenschaftliche Auswertung der vorliegenden Messdaten und die Vorbereitung von Publikationen war – ebenso wie die gerätetechnische Optimierung des halbertechnischen Durchlaufreaktors – ein kontinuierlicher Prozess.

Zu den Arbeiten in diesem Kontext gehörten

- Auswertungen aktueller Literatur zum HTC-Prozess
- übergreifende Auswertung von Carbonisierungsversuchen für umfassende Veröffentlichungen (siehe Abschnitt 2.5)
- vertiefte Auswertung von Carbonisierungsversuchen zur Prüfung von Theorien, z.B. zur Prozess- und Reaktionsintensität
- Vorbereitung von Veröffentlichungen

In Vorbereitung befinden sich zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts die folgenden Veröffentlichungen, die ganz oder in Teilen auf diesen vertieften Auswertungen der im Fachgebiet vorliegenden sehr umfangreichen Messdaten (mehr als 500 Carbonisierungen) basieren:

- BARBE, K.; BLÖHSE, D.; BLINOVA, E.; LEHMANN, H.-J.; BLANK, A., RAMKE, H.-G.: Selective Quantification of Carbon in HTC-Hydrochars
- BLÖHSE, D.: Carbonisierung durch Hydrothermale Carbonisierung in: QUICKER, P.: Biokohle – Verfahren zur Herstellung, Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten von Biomasse-Carbonisaten, Springer-Verlag
- BLÖHSE, D: Nutzung der Hydrothermalen Carbonisierung (HTC) als Konversionstechnik für die Optimierung der Entsorgung feuchter Massenabfälle und -reststoffe, Dissertation an der UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN

In Verbindung mit den anderen genannten Veröffentlichungen wurden und werden die umfangreichen Arbeiten des Fachgebiets Abfallwirtschaft auf dem Gebiet der Hydrothermalen Carbonisierung damit detailliert ausgewertet, aufbereitet und für die Fachwelt dokumentiert.

2.5 Mitwirkung beim Technologietransfer

Während des Zeitraums vom 01.03.2012 bis zum 30.06.2015 wurden die im Zentrum für HTC in OWL erzielten Ergebnisse der Fachöffentlichkeit und einer breiteren Öffentlichkeit auf den folgenden Veranstaltungen präsentiert:

- Jahrestagung des BWK in NRW, Mai 2012
- Woche der Umwelt im Schloss Bellevue, Juni 2012
- Publikationen zur HTC in der Fachzeitschrift MÜLL UND ABFALL (10 und 12/2012)
- Vorträge und Gespräche in Brasilia, Oktober 2012
(Stadtverwaltung, UNIVERSIDADE DE BRASILIA, EMBRAPA)
- Veranstaltung eines Workshops zur HTC in Höxter, November 2012
- Veranstaltung einer Sitzung des FA Biokohle in Höxter, März 2013
- Workshop am Standort Höxter - Zentrum für HTC in Ostwestfalen, Januar 2014
im Rahmen des 3. Internationalen CLAAS Symposiums Biomasse
- Teilnahme am Fachgespräch Feststoffanalytik, April 2014
Veranstaltung des LANUV NRW im BEW Essen

Neben den Veröffentlichungen und der Durchführung von Veranstaltungen hat das Fachgebiet Abfallwirtschaft in Arbeitskreisen zur HTC bzw. Biokohlenutzung mitgewirkt:

- Mitarbeit im ANS-Fachausschuss „Biokohle“
- Mitarbeit im VDI-Fachausschuss „Erzeugung von Biomassecarbonisaten“

Mit etlichen Interessenten und potenziellen Kooperationspartnern wurden Gespräche und Verhandlungen geführt und partiell Konzepte entwickelt:

- Verhandlungen mit der VAPORA BIOENERGIE GMBH (Herr VON DONOP)
Kopplung der HTC mit der Trocknungstechnologie der VAPORA für ein innovatives Gülleentsorgungskonzept (Problem in den Niederlanden und im Nordwesten von Niedersachsen)
- Verhandlungen mit Herrn GRAF ZU MÜNSTER (Vertreter von Investoren)
Erarbeitung eines technisch-wirtschaftlichen Konzepts für eine HTC-Anlage zur Entsorgung von 10.000 Mg/a Pferdemist (Sächsisches Staatsgestüt)
- Sondierung von KMU-Partnern für die Entsorgung von HTC-Prozesswässern
Fortführung der Arbeiten am Standort Höxter im Fachbereich Umweltingenieurwesen zur Verwertung und zur Reinigung von HTC-Prozesswässern

- Beratung der KELAG AG bei der Planung einer HTC-Gesamtlösung Informationsaufbereitung und Probenbereitstellung, Durchführung von Entwässerungsversuchen und zur Prozesswasserreinigung
- Gespräch mit dem Zuckerproduzenten PFEIFFER UND LANGEN, Köln, zu den Einsatzmöglichkeiten der HTC bei der Entsorgung von Reststoffen der Rübenutzung
- Gespräche mit der IMETH AG (CH) zur Nutzung der Hydrothermalen Carbonisierung für die Entsorgung von Schlämmen der indischen Papierindustrie
- Gespräche mit der COBHAM MICROWAVE (UK) zum Einsatz von Mikrowellenmodulen bei der technischen Umsetzung der HTC
- Besuch der BIOGAS WEGMANN GMBH & CO. KG zur Diskussion der Möglichkeiten der Integration der HTC in eine Biogasanlage, insbesondere unter dem Aspekt der Abwasserreinigung
- Gespräche zur Feststoffanalytik von Biokohlen mit Herrn PIEPENBREIER vom LANUV NRW, Abteilung Analytik (WM 3)

Weiterhin wurden mit zwei Institutionen, mit denen intensiver kooperiert werden soll, erste Untersuchungen zur Eignung der HTC für die dort anfallenden spezifischen Substrate durchgeführt (siehe Abschnitt 2.3):

- Hydrothermale Carbonisierung von Gärresten und Gärsubstraten AGRAVIS RAIFFEISEN AG, Biogasanlage Münsterland
- Hydrothermale Carbonisierung von kommunalen Klärschlämmen HANSEWASSER, Kläranlage Bremen

Das Ziel der Arbeiten bestand darin, mittelfristig Pilotanlagen in den genannten Einsatzbereichen zu entwickeln und zu betreiben.

Das Fachgebiet Abfallwirtschaft und Deponietechnik ist weiterhin mit diesen Institutionen im Gespräch und beabsichtigt die Durchführung von Versuchen mit dem halbtechnischen Durchlaufreaktor auf den Anlagen der genannten Institutionen.

3 Resümee

Trotz der schwierigen Projektrandbedingungen (Personalfuktuation, zeitweilig stark eingeschränkter Laborbetrieb) wurde das Projekt durchaus erfolgreich beendet. Mit dem Projekt wurde angestrebt, die überwiegend aus Drittmitteln finanzierten Arbeiten des Fachgebietes mittelfristig zu etablieren und Unternehmen – bevorzugt aus der Region – eine F+E-Plattform für diese Technologie (Zentrum für Hydrothermale Carbonisierung in Ostwestfalen) zur Verfügung zu stellen. Dieses Ziel kann als erreicht betrachtet werden.

Alle im Projektantrag genannten Arbeitspakete wurden erfolgreich bearbeitet:

- **Gerätetechnische Optimierung des halbtechnischen Durchlaufreaktors**
Der halbtechnische Durchlaufreaktor wurde permanent verbessert, wesentlich um- und nachgerüstet und steht jetzt für halbtechnische Versuche auf Biogas- oder Kläranlagen zur Verfügung.
- **Begleitende analytische Methodenentwicklung**
Das Labor für Abfallwirtschaft verfügt jetzt über eine erweiterte und für die Fragestellungen der HTC deutlich verbesserte Laborausstattung und Methodenkompetenz. Besonders sind hier die selektive TOC-Bestimmung und die Untersuchung der aeroben Abbaubarkeit von HTC-Biokohlen zu nennen.
- **Untersuchung spezifischer Substrate und Nachbehandlung der Biokohle**
Bei der Untersuchung der spezifischen Substrate wurde der Fokus auf nasse Massenabfälle und Reststoffe gelegt. Mit der Durchführung umfangreicher Studien in Zusammenarbeit mit Betreibern von Biogas- und Kläranlagen wurden die Voraussetzungen für die Umsetzung der HTC in die Praxis geschaffen.
- **Auswertung von Messreihen, Vorbereitung von Publikationen**
Die vertiefte wissenschaftliche Auswertung von vielen Testreihen im Hinblick auf die Zusammenhänge von Prozessführung und Reaktionsintensität hat zu einem wesentlich besseren Verständnis des HTC-Prozesses geführt.
- **Mitwirkung beim Technologietransfer**
Das Projekt ermöglichte außerdem zahlreiche Arbeiten zum Technologietransfer einschließlich der Durchführung von Fachveranstaltungen.

Der Unterzeichner bedankt sich beim Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen sowie beim Cluster EnergieForschung NRW für die ideelle und finanzielle Unterstützung der Arbeiten des Fachgebiets zur HTC.

Höxter, den 30.09.2015

Professor Dr.-Ing. Hans-Günter Ramke