

# HTC-Verfahren – die Vor- und Nachteile

Zurzeit wird der entwässerte Klärschlamm entweder in einer Schlammverbrennung entsorgt oder weiter getrocknet und in der Zementindustrie als Zusatzbrennstoff verwendet. Thematisiert wird mit der hydrothermalen Karbonisierung (HTC) ein neues Verfahren zur Klärschlammverwertung. Es bietet bezüglich Entwässerbarkeit, Energieverbrauch, Lagerung, Transport und Verwertungsmöglichkeit Vorteile gegenüber den bestehenden Entsorgungswegen.

VON BERNHARD BÜCHLER

**D**er bei der kommunalen Abwasserreinigung anfallende Frischschlamm wird heutzutage grösstenteils in einer Faulung vergärt. Dabei werden etwa 50 Prozent der zugeführten organischen Trockensubstanzen biologisch abgebaut. Das bei der Faulung entstehende Klärgas wird zumeist mittels Blockheizkraftwerk (BHKW) oder Gasbrenner zur Wärme- und/oder Stromerzeugung genutzt. Alternativ kann das Klärgas auch aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist werden.

Die in der Faulung nicht abgebauten organischen Substanzen verbleiben im Faulschlamm und müssen in der Schweiz seit dem Jahr 2006 durch Verbrennung eliminiert werden. Bei einer vorgängigen Entwässerung kann Klärschlamm in speziellen Schlammverbrennungs- oder Kehrrechtverbrennungsanlagen entsorgt werden. Um die zu transportierende Menge und den Einsatz von Zusatzbrennstoffen so gering wie möglich zu halten, ist eine hohe mechanische Entwässerung des Klärschlammes anzustreben. Falls der Klärschlamm nach der Entwässerung weiter getrocknet wird, findet er als Alternativbrennstoff und Rohstoffersatz in der Zementindustrie Anwendung. Für die Abgabe ins Zementwerk wird ein TS-Gehalt > 90 Prozent benötigt.

Mit der hydrothermalen Karbonisierung soll ein neuer Weg zur Klärschlammverwertung vorgestellt werden.

Das HTC-Verfahren wird dabei in erster Linie mit einer Faulung und anschließender Trocknung verglichen.

## Grundlagen zum HTC-Prozess

Der in der Natur in 50 000 bis 50 Millionen Jahren ablaufende Kohleentstehungsprozess wird bei der hydrothermalen Karbonisierung innerhalb weniger Stunden technisch nachgeahmt. Als Ausgangssubstrat kann praktisch jegliche Biomasse eingesetzt werden. Bei Klärschlamm als Ausgangssubstrat kann sowohl entwässerter Frisch- wie auch Faulschlamm verwendet werden.

Wie aus dem Namen bereits abgeleitet werden kann, findet die Verkohlung im wässrigen Milieu statt. Der HTC-Prozess läuft bei einem Druck von 20 bis 35 bar und einer Temperatur von 180 bis 230 °C ab. Dabei werden die organischen Moleküle aufgebrochen und unter Wärmeabgabe (exotherm) Sauerstoff und Wasserstoff als Wasser extrahiert. Entsprechend wird der Kohlenstoffanteil erhöht, so dass die Energiedichte beziehungsweise der Brennwert zunimmt. Beim HTC-Prozess wird weiter eine geringe Menge an CO<sub>2</sub> gebildet, welche in der Abluft zu finden ist.

Die Menge der frei werdenden Wärme hängt von der Art und der Höhe des organischen Anteils der eingesetzten Biomasse ab. Demnach wird bei der hydrothermalen Karbonisierung von Frischschlamm mehr Wärme frei als bei Faulschlamm. Selbst bei einem hohen organischen Anteil der zugeführten Biomasse reicht die beim HTC-Prozess frei werdende Wärme jedoch nicht aus um den HTC-Prozess energieautark zu betreiben. Es muss extern Wärme zugeführt werden.

Bei Frischschlamm als Ausgangssubstrat entsteht eine Biokohle mit einem vergleichbaren Brennwert wie Braunkohle (18–20 MJ/kg), während bei Faulschlamm ein geringerer Brennwert von 11 bis 12 Megajoule pro Kilogramm erzeugt wird. Die im Klärschlamm enthaltenen Schwermetalle sowie der enthaltene Phosphor verbleiben grösstenteils in der Biokohle.

## Beschreibung Verwertungsweg

Der Frischschlamm respektive Faulschlamm wird entwässert und dem HTC-Reaktor zugefügt. Der Vorteil von Frischschlamm ist, dass einerseits eine Biokohle mit höherem Brennwert erzeugt und andererseits mehr Wärme während des Prozesses freigesetzt wird beziehungsweise weniger Wärme zugeführt werden muss. Der HTC-Reaktor wird je nach Anbieter kontinuierlich oder im Batch-Verfahren betrieben. Der bei der hydrothermalen Karbonisierung entstehende Kohleschlamm wird anschliessend mittels einer Kammerfilterpresse entwässert. Dabei ist eine Entwässerung bis auf einen Trockensubstanz (TS)-Gehalt von 70% möglich. Die Biokohle kann je nach Bedarf weiter getrocknet und gegebenenfalls pelletiert werden.

Das bei der Entwässerung der Biokohle anfallende Filtratwasser ist organisch hochbelastet (CSB: 30 000–50 000 mg/l) und besitzt einen erhöhten Anteil an Phenolen. Es wird aufbereitet und in den Zulauf der Abwasserreinigungsanlage (ARA) geleitet. Falls die für den HTC-Prozess benötigte Wärme (230 °C) nicht extern bezogen werden kann (z.B. KVA, Industriebetrieb usw.) muss diese mittels Heizaggregat erzeugt werden.

**Bernhard Büchler**

MSc ETH interdisziplinäre Naturwissenschaften, Holinger AG, Luzern.

Da die Schwermetalle grösstenteils in der Biokohle verbleiben ist davon auszugehen, dass deren Nutzung analog zur Klärschlammverbrennung verschärften Vorschriften unterliegt (Rauchgasreinigung und Ascheentsorgung). Für die Biokohle kommen folgende Verwertungsmöglichkeiten in Frage:

- Abgabe in die Zementindustrie: Aufgrund des höheren Brennwertes kann die Biokohle voraussichtlich zu besseren Bedingungen abgegeben werden als der getrocknete Klärschlamm.
- Verwertung auf der Kläranlage: Die Biokohle kann mittels Verbrennung oder Vergasung (Vergasung → Syngas → Gasmotor) zur Wärme- und/oder Stromproduktion auf der Kläranlage eingesetzt werden. Dies ist dann sinnvoll, wenn ein erhöhter Wärmebedarf vorliegt (z.B. Fernwärmenetz).
- Die Biokohle kann an beliebigen Standorten in der Schweiz verbrannt oder vergast werden. Dabei sind Standorte mit erhöhtem Wärmebedarf besonders geeignet.

#### Aktueller Stand der HTC-Technologie

Obschon das HTC-Prinzip seit Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts bekannt ist, wurde dem Verfahren erst seit ein paar Jahren erneut Aufmerksamkeit geschenkt. Renommierete Institute, beispielsweise die Fraunhofer Gesellschaft, oder diverse private Unternehmen sehen in der HTC ein grosses Potenzial und betreiben zurzeit Versuche von Labor- bis industriellem Massstab. Das Ingenieur-

unternehmen Holinger steht im Rahmen zweier Studien in Kontakt mit ernstzunehmenden HTC-Technologie-Entwicklern. Einer der potenziellen Lieferanten kann derzeit auf mehr als 2500 Stunden Betriebserfahrungen mit der Karbonisierung von Klärschlamm im industriellen Massstab zurückgreifen. Der Bau einer grosstechnischen Anlage für eine ARA mit 100 000 Einwohnerwerten ist genehmigt und soll Anfang 2012 realisiert werden.

#### Vorteile des HTC-Verfahrens

Gegenüber einer herkömmlichen Klärschlammverwertung mittels Faulung und Trocknung besitzt das HTC-Verfahren folgende Vorteile:

- Der Biokohleschlamm kann bis zu einem TS-Gehalt von 70 Prozent mechanisch entwässert werden. Dadurch kann gegenüber einer Trocknung deutlich an thermischer Energie eingespart werden (siehe Abbildung 1); es resultiert eine bessere Energiebilanz und tiefere Betriebskosten.
- Die Biokohle eignet sich für eine anschliessende Pelletierung, wodurch die Lagerung, der Transport und die Handhabung erleichtert werden.
- Die Biokohle kann als Kohlestaub oder Pellets ohne Modifikation in der vorhandenen Brenntechnik statt fossiler Kohle eingesetzt werden (evtl. Anpassung der Rauchgasreinigung). Weiter kann die Biokohle analog zum getrockneten Klärschlamm in die Zementindustrie abgegeben werden.
- Die Biokohle eignet sich wegen der physikalischen Eigenschaften zur Vergasung (wird zurzeit untersucht).

#### Die Nachteile des Verfahrens

Das HTC-Verfahren besitzt gegenüber einer herkömmlichen Klärschlammverwertung mittels Faulung und Trocknung folgende Nachteile:

- Das bei der Entwässerung des Kohleschlammes anfallende Filtratwasser (HTC-Abwasser) ist stark belastet und stellt einen Nachteil des HTC-Verfahrens dar. Eine direkte Einleitung in den Zulauf der ARA ist nicht zu empfehlen. Die HTC-Anbieter arbeiten zurzeit an einer Aufbereitung des HTC-Abwassers. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Rückbelastung deutlich reduziert werden kann.
- Bis auf einige grosstechnische Pilotanlagen wurde das HTC-Verfahren noch nicht zur Klärschlammverwertung angewandt (Scale-Up-Risiken).

#### Fazit

Das HTC-Verfahren besitzt gegenüber einer herkömmlichen Klärschlammverwertung mittels Faulung und anschliessender Trocknung deutliche Vorteile. Besonders hervorzuheben ist der geringere Wärmeverbrauch des Verfahrens, was geringere Betriebskosten zur Folge hat. Weiter ist die Biokohle ein hochwertigeres Produkt als der getrocknete Klärschlamm (besserer Brennwert, ist pelletierbar usw.). Allerdings stellt das HTC-Abwasser und die geringe Erfahrung der Lieferanten zurzeit einen Nachteil des Verfahrens dar.

Falls auf einer kommunalen Kläranlage die Klärschlammverwertung neugestaltet werden soll, ist es sinnvoll das HTC-Verfahren als alternativ zur herkömmlichen Klärschlammverwertung in die Überlegung miteinzubeziehen. ●

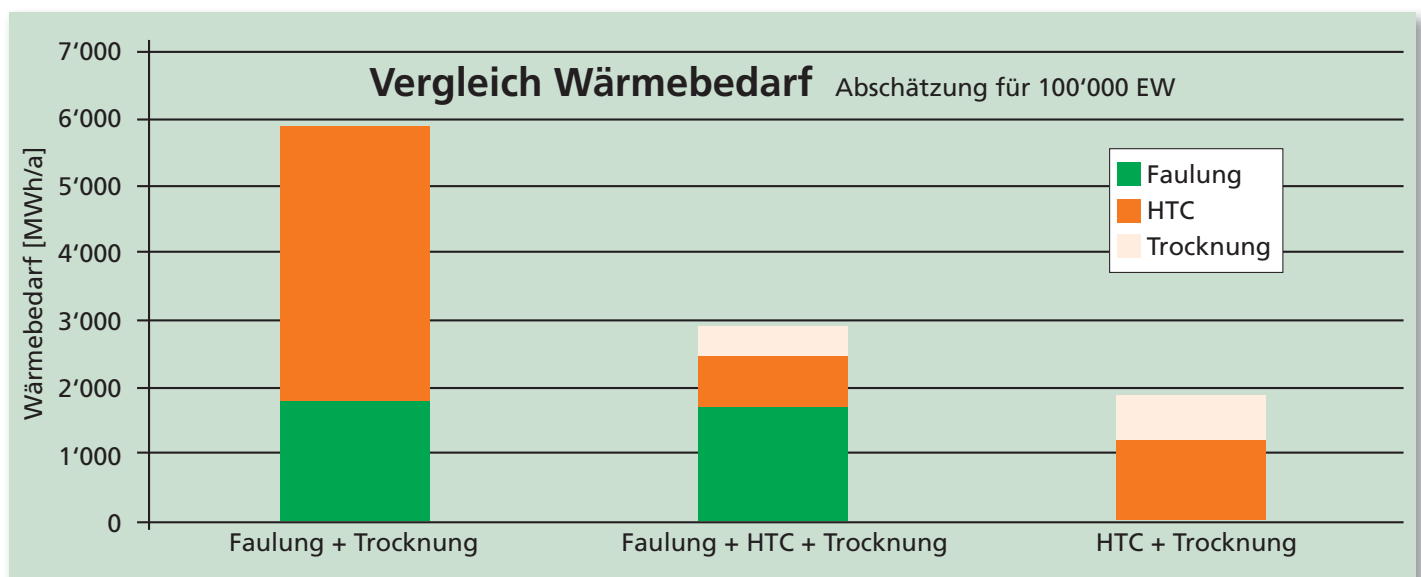


Abbildung 1 zeigt einen Vergleich des Wärmebedarfs für eine herkömmliche Klärschlammverwertung mittels Faulung und anschliessender Trocknung und Klärschlammverwertung mittels HTC-Verfahren. Dabei werden sowohl der getrocknete Klärschlamm wie auch die Biokohle auf einen TS-Gehalt von 90 Prozent getrocknet. Die mögliche Wärmeerzeugung aus den Produkten der Klärschlammverwertung (Klärgas, getrockneter Klärschlamm, Biokohle) wurde dabei nicht berücksichtigt.