

HTC-VERFAHREN AUF DER ARA BUCHS (SG)

KLÄRSCHLAMM IN BIOKOHLE UMWANDELN UND GLEICHZEITIG PHOSPHOR ZURÜCKGEWINNEN

Die Entwicklung eines Verfahrens zur hydrothermalen Karbonisierung (HTC) von Biomassen kam in der Schweiz vor zehn Jahren zum Stillstand. 2017 nahm die GRegio Energie AG aus Chur den Ball wieder auf und entwickelte das HTC-Verfahren innerhalb einer vom Bundesamt für Energie finanzierten Pilotanlage weiter. Die erste Grossanlage soll als Leuchtturmprojekt ihren Betrieb auf der ARA Buchs (SG) aufnehmen.

Stefan Gautschi, gautschi project engineering GmbH

Andreas Mehli; Michael Schubert, GRegio Energie AG

Gabriel Gerner; Alexander Treichler, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW); Alain Fischer, ARA Buchs (SG)

RÉSUMÉ

PROCESSUS HTC À LA STEP DE BUCHS (SG)

Le traitement et la valorisation actuels des déchets organiques comme les boues d'épuration, le lisier, les déchets alimentaires, etc. sont insuffisants à de nombreux égards. Leur élimination exige de nombreuses techniques et encore plus d'énergie. Pourtant, l'objectif prévu par la loi (OLED) de générer des matériaux recyclables durables à partir de déchets coûteux existe déjà depuis longtemps. La carbonisation hydrothermale (HTC) représente ici une solution technique. La biomasse organique est «fracturée» sous haute pression et à haute température, et une suspension de charbon biologique et d'eau de processus, appelée «slurry», se forme. Ensuite, le charbon biologique solide et l'eau de processus sont séparés. Le charbon biologique est ensuite comprimé pour former des granulés ou des briquettes. L'eau de processus qui en résulte est soumise à une digestion anaérobie afin de produire de l'énergie sous forme de biogaz. Grâce à l'ajout d'acide, le phosphore stocké dans la biomasse peut être libéré. Il peut ensuite être transformé en engrais agricole. Le charbon biologique est lui transformé en agent énergétique pauvre en phosphore pour l'industrie du ciment ou la production décentralisée d'électricité et de chaleur. La STEP de Buchs veut mettre en place une première installation technique HTC à grande échelle.

EINLEITUNG

Aus biologischen Abfällen wie Klärschlamm, Gülle und Speiseabfällen lassen sich mit der hydrothermalen Karbonisierung (*Hydrothermal Carbonization*, HTC) wichtige Wertstoffe und CO₂-neutrale Energieträger gewinnen. Bereits 1913 hat der deutsche Chemiker und Nobelpreisträger *Friedrich Bergius* zur Technik der hydrothermalen Behandlung von natürlichen Ausgangsstoffen wie Holz geforscht. In der heutigen Zeit der Abkehr von fossilen Brennstoffen ist seine Forschung aktueller denn je.

AUSGANGSLAGE

Die Firma *GRegio Energie AG* aus Chur entwickelt seit mehreren Jahren ein eigenes Verfahren für die kontinuierliche, hydrothermale Karbonisierung von Biomassen. Gemeinsam mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) in Wädenswil konnten wesentliche Vorteile dieser Technik im Labor- wie auch im Pilotmassstab aufgezeigt werden [1, 2]. Der grösste Vorteil der hydrothermalen Karbonisierung liegt darin, dass nasser Klärschlamm ohne die Zugabe von Zusatzstoffen in leicht zu trocknende Biokohle umgewandelt wird. Damit kann dezentral ein lagerfähiger, nachhaltiger und CO₂-neutraler Energieträger erzeugt werden.

Kontakt: S. Gautschi, stefan.gautschi@gautschi-eng.ch

Titelbild: Biokohle-Brickets

Der Aspekt des Prozesswassers, das im HTC-Prozess entsteht, wurde bisher kritisch beurteilt. Inzwischen konnten aber überzeugende Methoden zu dessen Verwertung und Nutzung (Biomethan) aufgezeigt werden [3]. Sehr verheissungsvoll sind auch Forschungsarbeiten der ZHAW [4] bezüglich der Rückgewinnung von Phosphor über eine Koppelung an den HTC-Prozess. Gelingt es, den in der Biokohle gebundenen Phosphor freizusetzen und anderweitig nutzbar zu machen, kann Klärschlamm zum Ausgangsstoff für einen gesetzeskonformen Brennstoff werden. Dieser könnte dann beispielsweise in der Zementindustrie oder in einer dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden.

WERTSTOFFSTEIGERUNG MIT DER HYDROTHERMALEN TECHNIK

Der thermochemische Prozess der hydrothermalen Karbonisierung von nasser Biomasse bei erhöhter Temperatur (ca. 200 °C) und erhöhtem Druck (ca. 20 bar) bewirkt eine Umwandlung der biogenen Kohlenstoffverbindungen zu einem braunkohleähnlichen Feststoff, der sogenannten HTC-Biokohle (Fig. 1). Dabei wird auch Prozesswasser erzeugt, das hochangereichert mit verschiedensten organischen Verbindungen ist.

Die hydrothermale Karbonisierung von Klärschlamm ist eine so genannte «emerging technology», also eine, die ein grosses Potenzial zur Schliessung von Kohlenstoff- und Phosphorkreisläufen aufweist. Der aktuelle Technologiereifegrad der hydrothermalen Karbonisierung ermöglicht es nun, die erste grosstechnische Umsetzung auf einer ARA ins Auge zu fassen. Im Erfolgsfall ist von einer weiteren Kommerzialisierung der HTC-Technologie auszugehen.

EIN LEUCHTTURMPROJEKT FÜR DIE ARA BUCHS (SG)

Beim Abwasserverband Buchs – Sevelen – Grabs besteht schon seit geraumer Zeit ein Interesse, den Klärschlamm mittels hydrothormaler Karbonisierung zu verwerten. Die Ausgangslage auf der ARA Buchs (SG) ist ideal, da die ARA in der Vergangenheit bereits Erfahrungen mit dem HTC-Verfahren gesammelt hat. Zudem produziert sie ausreichend Biogas als Wärmequelle und installiert demnächst eine Stufe für die Elimination von Mikroverunreinigungen (MV) auf Basis von

Aktivkohle. Dabei soll auch die MV-beladene Aktivkohle dem HTC-Prozess zugeführt werden.

Aufgrund dieser Gegebenheiten will man gemeinsam prüfen, ob eine HTC-Anlage der GRegio Energie AG im Grossmassstab auf der ARA Buchs eingesetzt werden kann. Unter dem Namen *Carbon Cascade* (Kohlenstoffstufen) soll der ausgefaulte Klärschlamm karbonisiert und die erzeugte Biokohle verkauft werden. Wird das Projekt umgesetzt, eröffnen sich neue Möglichkeiten und Erkenntnisse, wie aus Klärschlamm verschiedene Wertstoffe und CO₂-neutrale Energieträger generiert werden können. Das Vorhaben wurde beim Bundesamt für Energie (BFE) als Leuchtturmprojekt angemeldet, um finanzielle Unterstützung zu erhalten, aber auch um in der Schweiz eine Referenzanlage für das innovative HTC-Verfahren gemäss dem Design der GRegio Energie AG zu ermöglichen.

EINE ECHTE KREISLAUFWIRTSCHAFT

Neben dem Leuchtturmprojekt, das einzig die hydrothermale Karbonisierung berücksichtigt, wird gleichzeitig in einem separaten Forschungsprojekt die Nährstoffrückgewinnung untersucht. Dabei

geht es um die Gewinnung von Phosphor aus der Biokohle sowie dessen Weiterverwertung.

Mit der Möglichkeit, durch Säurezugabe Phosphor aus dem Biokohle-Prozesswasser-Slurry verfügbar zu machen, öffnen sich neue Türen im Bereich der Phosphorrückgewinnung. Die Ausschleusung des Nährstoffs Phosphor aus dem HTC-System findet zu einem grossen Teil über einen Säureextrakt aus dem Slurry statt. Innerhalb dieses als *CarboNPhos* bezeichneten Projekts soll nicht nur die gesetzliche Anforderung für das Herausschleusen des Phosphors aus dem Klärschlamm erfüllt werden, sondern auch gleich aus dem so gewonnenen Phosphor einen nachhaltigen und marktfähigen Dünger hergestellt werden.

Neue Verfahren zur Phosphorrückgewinnung müssen gegenüber den etablierten Prozessen aber auch einen tatsächlichen ökologischen Mehrwert erbringen. Die gegenwärtig in der Schweiz favorisierten Verfahren zur Phosphorrückgewinnung basieren alle auf der Behandlung von Klärschlamm- asche (Fig. 2).

Angesichts der sich abzeichnenden Möglichkeit, auf Basis der HTC-Technologie

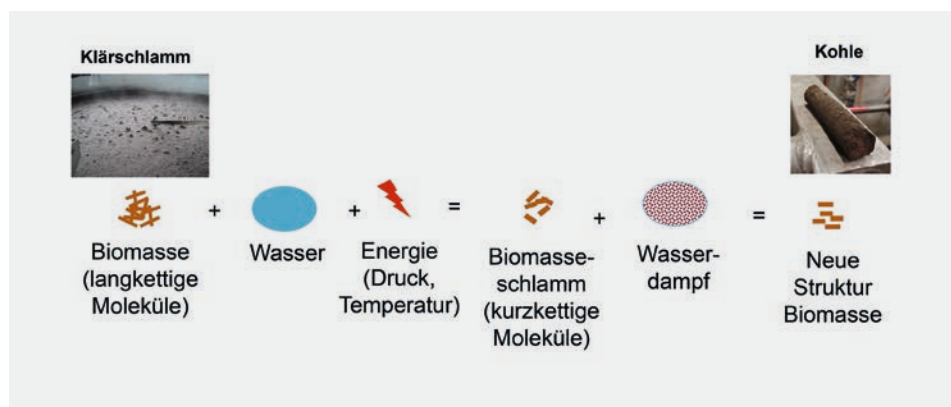


Fig. 1 Veränderung der Biomasse während der Karbonisierungsreaktion.

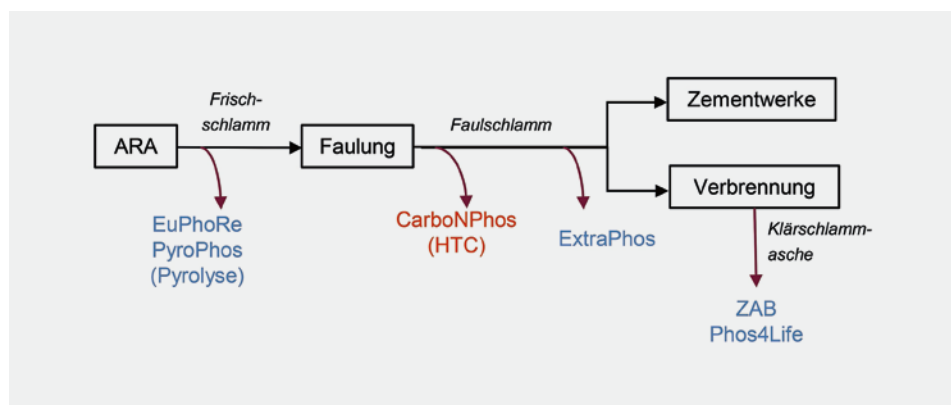


Fig. 2 Pilottechnologien (blau) im Kontext der aktuellen Klärschlammbehandlung (Stand: 2021).

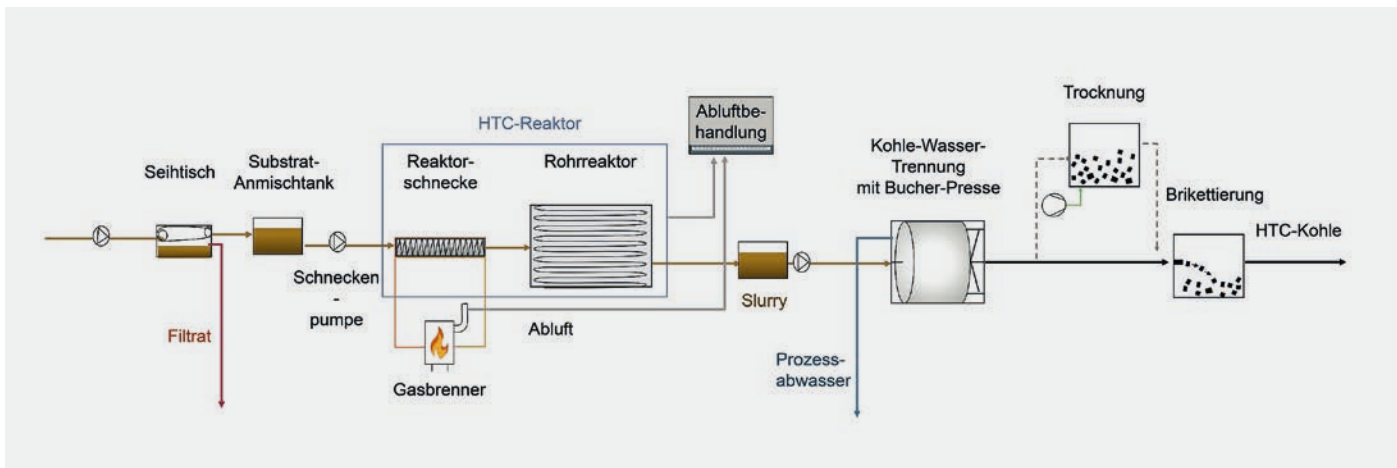


Fig. 3 Verfahrenskonzept des Leuchtturmpromotes

Phosphor aus Klärschlamm mit hoher Energie- und Ressourceneffizienz zurückzugewinnen, soll dieses Verfahren in die aktuelle Entwicklung in der Schweiz mit einbezogen werden.

VERFAHRENSKONZEPT 1-5

Das Verfahren für das Leuchtturmprojekt (ohne Nährstoffrückgewinnung) sieht vereinfacht folgende Prozessschritte vor (Fig. 3):

1. Faulschlammaufbereitung mit Eindickung auf 6% TS-Gehalt (Fig. 4)
2. Hydrothermale Karbonisierung des Faulschlammes im HTC-Reaktor (Fig. 5)
3. Biokohle-Wasser-Trennung (Fig. 6)
4. Trocknung und Brikettierung der abgetrennten Biokohle (Fig. 7 und 8)
5. Prozesswasserbehandlung

Aus dem HTC-Prozess des Projekts *Carbon Cascade* resultieren die Produkte Biokohle mit ca. 90% TS-Gehalt und Biogas aus der anaeroben Vergärung des Prozesswassers.



Fig. 5 Der Rohrschlangenreaktor sorgt für eine Aufenthaltszeit von vier Stunden.

(© A. Mehli)



Fig. 7 Trocknung der Biokohle-Brickets.

(© A. Mehli)



Fig. 4 Aufheizung des Schlammes vor dem Reaktor.

(© A. Mehli)



Fig. 6 Prozesswasser nach der Presse.

(© S. Gautschi)



Fig. 8 Klärschlammkohle aus der Pilotanlage.

(© S. Gautschi)

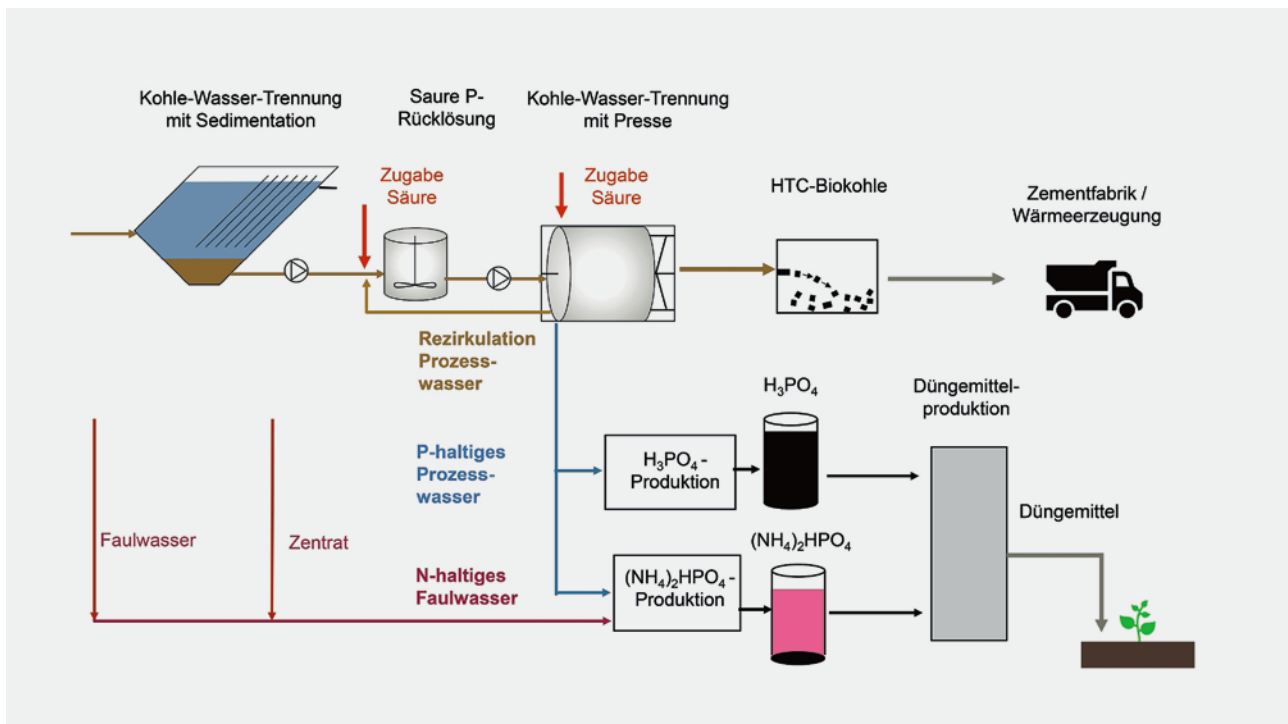


Fig. 9 Teilstrombehandlung des Prozesswassers für die Phosphorrückgewinnung

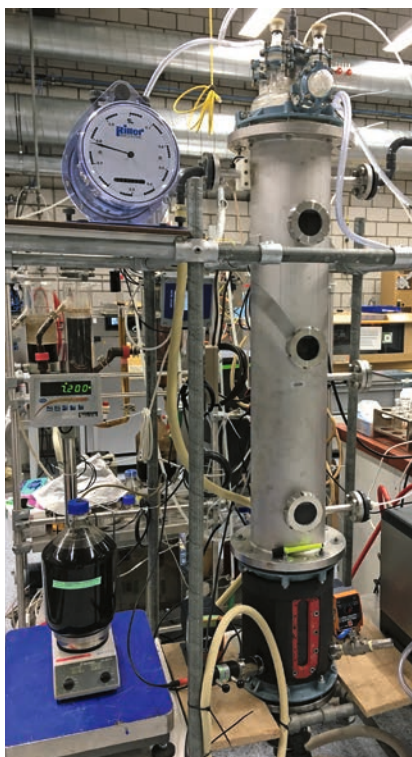


Fig. 10 Versuchsaufbau für die Vergärung von Prozesswasser. (© A. Treichler)

PHOSPHORRÜCKGEWINNUNG 6-7

Im Rahmen des Projektes *CarboNPhos* sollen aus dem Slurry die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff zurückgewonnen und in Düngemittel umgewandelt werden. Dazu braucht es folgende weitere Prozessschritte (Fig. 9):

6. Saure Phosphor-Rücklösung (Fig. 10)
7. Herstellung von Phosphorsäure sowie Diammonium-Phosphat als Düngemittel

PROZESSWASSERBEHANDLUNG

Bei der Fest-Flüssig-Trennung des Biokohle-Prozesswasser-Slurry fallen neben der Biokohle auch grössere Mengen Prozesswasser an. Bei der Kombination des HTC-Verfahrens mit einer ARA wurde die reduzierte Verwertbarkeit der organischen Verbindungen befürchtet, welche eine Abwasserstrasse einer ARA belasten. Ziel des Leuchtturmprojektes ist es nun, Erkenntnisse zu den Inhaltsstoffen des Prozesswassers zu gewinnen und die Prozesswasserbehandlung weiterzuentwickeln. Für das Leuchtturmprojekt

auf der ARA Buchs werden die anaerobe Behandlung im Faulraum und eine Teilstrombehandlung des Prozesswassers im HTC-Prozess diskutiert.

Bis zum Start des Leuchtturmprojektes auf der ARA Buchs werden weitere Tests im Labormassstab bezüglich der anaeroben Vergärung von Prozesswasser und das Verhalten des resultierenden Faulwassers durchgeführt.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Vogel, B. (2021): In vier Stunden wird aus Bioabfall Kohle. *Aqua & Gas* No. 3/21
- [2] Mehli, A. et al. (2021): HTC Innovationscampus Rheinmühle – Pilotanlage zur hydrothermalen Karbonisierung. *Schlussbericht vom 30.01.2021*
- [3] Treichler, A. (2022): *Carbon Value; Nutzbarmachung des energetischen und des stofflichen Potentials von Prozesswasser aus der hydrothermalen Karbonisierung, Schlussbericht; Zürcher Hochschule der Angewandten Wissenschaften*
- [4] Gerner, G. et al. (2021): *Sewage sludge treatment by hydrothermal carbonization: Feasibility study for sustainable nutrient recovery and fuel production energies, 14, 2697*