



## Einsatz von Pflanzenkohle zur Senkung des CO<sub>2</sub> Gehaltes der Atmosphäre

### **Konzepte für die kommunale Reststoffverwertung von Grünschnitt und Klärschlamm**

Ein innovativer Umgang mit Klärschlamm und Grüngut ermöglicht es Kommunen, Zweckverbänden und Unternehmen drohenden Entsorgungseingpässen, Anforderungen zur Phosphor-Rückgewinnung und steigenden Kosten zu begegnen und gleichzeitig lokalen Klimaschutz betreiben. Neben Ressourceneffizienz ist das Schließen von Stoffkreisläufen und die Gewinnung von regenerativen Energien eine ökologische und ökonomische Chance für Kommunen und die kommunale Politik.

*Carbon+* und *Carbon Instead* bieten Konzepte und Verwertungsstrategien im Bereich der kommunalen Abfallentsorgung an. Mit einem starken Partner-Netzwerk werden ganzheitliche Lösungen im Bereich der wirtschaftlichen Reststoffverwertung, sowie umfassende Studien aus dem Bereich der angewandten Forschung zur individuellen Umsetzung erarbeitet und umgesetzt.

Nachstehend wird so ein neuartiges Konzept zur Verwertung von Reststoffen bei gleichzeitiger CO<sub>2</sub> Fixierung vorgestellt, dass die

- pyrolytische Verwertungen von kommunalen Klärschlämmen mit integrierter Phosphorrückgewinnung
- pyrolytische Verwertungen von pflanzlichen (Rest-) Stoffen aus Grüngutsammlungen
- neuartige Verwertungen der entstehenden Karbonisate als wertigen Rohstoff

aufzeigt.

### **Pyrolyse, eine umweltfreundliche und wirtschaftliche Technologie**

Bisher werden Klärschlämme meist aufwändig entsorgt oder in der Landwirtschaft bodenbezogen genutzt. Eine langfristig bessere Möglichkeit ist die Karbonisierung, ein thermischer Prozess bei dem der Klärschlamm unter sauerstoffarmen Bedingungen erhitzt wird. Die organische Substanz des Klärschlammes wird hierbei umgewandelt, und ohne CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Form eines Karbonisats fixiert und damit permanent gebunden. Die im Prozess entstehenden Öle und Gase können zur Wärme- oder Stromerzeugung genutzt werden. Bestehende Anlagen belegen dies und stellen eine umweltfreundliche Art der Umwandlung des Klärschlammes in einen Wertstoff mit negativem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck dar. Zudem besteht die Möglichkeiten die gewonnen Karbonisate als Sekundärrohstoff in verschiedenen Sektoren zu vermarkten.

Positive Effekte, welche durch die Pyrolyse von Klärschlämmen und die potenzielle Mitverwertung von Grüngut erzielt werden:

- Thermische und/oder elektrische Energiegewinnung aus dem Pyrolyseprozess
- Umsetzung der Vorgaben zur Phosphorrückgewinnung
- Schaffung einer kommunalen CO<sub>2</sub>-Senke, in der der Kohlenstoff auf Jahrhunderte gebunden wird
- Möglichkeit zum Verkauf von CO<sub>2</sub>-Senken Zertifikaten
- Keine Abfallstoffe – Schaffung von Wertstoffen für den Einsatz in unterschiedlichste Anwendungen, z.B.
  - Inlinefertigung von aktivierter Kohle zum Einsatz im Klärwerk für die 4. Klärstufe
  - Bodenverbesserung in der Agrarwirtschaft, z.B. zur Wasserrückhaltung
  - Entwicklung von neuartigen Düngemitteln
  - Schaffung von neuartigen Pflanzböden für aride Klima-Gebiete
  - Gewinn von Wertstoffen für die Zugabe in Bau- und Werkstoffen wie
    - Ersatz- / Zuschlagsstoffe in Zementen oder Sanden
    - Funktionsstoffe z.B. zur Steuerung des Wasserrückhaltevermögens
    - Farbmittel, Schwarzpigmente
- Wirtschaftliches Betreiben von kommunalen Kläranlagen nach hohen Umweltstandards
  - langfristige Kostenkontrolle durch eigenständige Verwertung
  - Stoffliche Verwertung der Karbonisate in unserem Netzwerk
  - Reduktion der Abfallmassenströme (Grüngut und Klärschlämme)
  - Schutz vor drohenden Entsorgungsengpässen
  - Senkung von Transport- und Handlingskosten
  - Stabilisierung der Entsorgungskosten durch Schaffung eines hochwertigen Sekundärrohstoffes.

### **Ein neuer Weg der Klärschlammverwertung**

Eine langfristig preissichere Möglichkeit der Verwertung ist für Kläranlagen nur dann gegeben, wenn die Betreiber der Kläranlage selbst, durch eine „interne“ Verwertungsstrategie die Möglichkeit haben, auf die Verwertung, und damit verbunden auf die Preisgestaltung, Einfluss zu nehmen. Bereits heute finden sich immer mehr Kommunen, die ohne aktuelle Verpflichtung andere Wege der Klärschlammverwertung gehen und damit einen wertvollen Beitrag zu Klimaschutz und Kostenstabilität leisten.

Folgende Ziele müssen bei einer ganzheitlichen Betrachtung neu bewertet werden:

1. Beitrag zur Einhaltung der regionalen Klimaschutzziele 2030/2050
2. Lösung der Problematik der Klärschlammbeseitigung
3. Stabilisierung der Abwassergebühren für die Kommunen
4. Dezentrale Lösungen im Vorzug zu zentralen Lösungen
5. Betrieb der Anlagen durch die Kommunen selbst (im Gegensatz zur Auftragsentsorgung)

Elementarer Kernpunkt der neuen Klärschlammverordnung in der Fassung von 2017 ist die Rückgewinnungspflicht für Phosphor und deren Rückführung in die Land- und Gartenwirtschaft. Eine Verwertung von Klärschlämmen steht für ein ressourcenschonendes Handeln, welches im Anbetracht der Endlichkeit der Phosphorreserven zwingend erforderlich ist.

Ab 2023 ist jede Kommune dazu verpflichtet, eine mögliche Phosphor Rückgewinnungsstrategie darzulegen. Eine Lösung, die alle oben genannten Aspekte vereint, ist die Karbonisierung und Weiterverwertung der aus den Klärschlämmen entstandenen Wertstoffen. Neben dem fixierten CO<sub>2</sub> verbleiben in dieser sogenannten „Klärschlamm-Kohle“ (Karbonisat) nur noch die mineralischen und metallischen Anteile des Ausgangsmaterials. Toxische organische Verbindungen, Mikroplastik und Arzneimittelrückstände werden durch den thermischen Prozess zerstört. Der Prozess der Karbonisierung hat eine erhebliche Gewichts- und Volumensreduktion gegenüber dem ursprünglichen Klärschlamm zur Folge. Während dessen entstehen zudem Pyrolysegase und -öle, die

neben dem Betrieb des eigentlichen Prozesses zur Erzeugung elektrischer und/oder thermischer Energie, z.B. zur Vor-Trocknung, verwendet werden kann.

Durch diese Art der Verwertung können kommunal nicht nur neue Wertstoffe für vielfältige Anwendungen als Bodenverbesserer, als Zugabe in Baustoffen u.v.m. gewonnen werden. Es wird darüber hinaus lokal eine CO<sub>2</sub> Senke geschaffen. So haben Kläranlagen jeder Größe die Möglichkeit, einen Beitrag zum „Klimaschutzplan 2030/2050“ zu leisten.

Ziel ist es somit nicht nur die Vorgaben unterschiedlichster Verordnungen wie

- Kreislaufwirtschaftsgesetz
- Abfallklärslammverordnung
- Phosphorrecyclingverordnung
- Düngeverordnung
- Düngemittelverordnung
- Düngegesetz

einzuhalten, sondern die Inline-Prozesse der Pyrolyse so zu steuern, dass die entstehenden Karbonisate optimiert und für ihre späteren Anwendungen und Einsatzgebiete bestmögliche, angepasste Eigenschaften aufweisen.

### **CARBON+ Verfahren® zur Klärschlamm- und Grüngutkarbonisierung**

Das CARBON+ Verfahren® zur Karbonisierung von Klärschlämmen unter Beimischung von Grüngut, stellt hierbei eine ganzheitliche Lösung der aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der kommunalen Kläranlagen dar. Es handelt sich hierbei um eine Verfahrens-Kombination aus der Karbonisierung eines Gemisches von Klärschlamm und Grüngut, und einer integrierten Abreicherung der im Klärschlamm vorhandenen Phosphate. Das Verfahren besteht aus den folgenden Schritten: Phosphatfällung / Sedimentation und Separation des Phosphats / Trocknung / Vermischung mit Grüngut / Karbonisierung.

Eine Kombination der Stoffströme Grüngut und Klärschlamm ist energieeffizient und fördert die Stabilität der anfallenden Endprodukte. Beide Stoffströme sind in ausreichenden Mengen vorhanden und es mangelt an einer wirtschaftlichen Verwertung. Nicht zuletzt sind es die rechtlichen Grundlagen in Zusammenhang mit der chemischen Zusammensetzung der Klärschlämme, die eine Verwertung dieses Stoffstroms vor immer neue Herausforderungen stellt. In zunehmenden Konzentrationen sind in den Klärschlämmen heutzutage Mikroplastik und Nanopartikeln und organische Schadstoffe nachzuweisen. Durch die Pyrolyse werden die meisten dieser Nachteile aufgehoben und durch die Kombination mit dem Grüngut können die organischen Schadstoffe zerstört und die Karbonisate je nach Verwendungszweck maßgeschneidert angepasst werden.

Unser System erfüllt somit alle Anforderungen einer zeitgemäßen Verwertung gemäß des Kreislaufwirtschaftsgesetzes.

## **Aktuelle Forschungen zur Verwertung der Karbonisate**

Carbon+ und Carbon Instead haben es sich zur Aufgabe gemacht, Möglichkeiten des Einsatzes von Pflanzen-/Klärschlammkohlen zur Senkung des CO<sub>2</sub> Gehaltes der Atmosphäre in der kommunalen Reststoffverwertung von Grünschnitt und Klärschlamm unter Berücksichtigung der neu gefassten Klärschlammverordnung anzubieten. Hierbei sind die Ressourceneffizienz und die Schaffung einer CO<sub>2</sub>-Senke unsere Leitlinien. Entscheidend ist es hierbei, die Karbonisate im industriellen Maßstab in verschiedenen Anwendungsbereichen oder Stoffkreisläufen einzusetzen.

In eigenen Forschungsvorhaben und gemeinsam mit namhaften Forschungseinrichtungen, wie dem Fraunhofer IBP, dem Fraunhofer Institut UMSICHT, dem KIT u.v.m. werden somit unterschiedlichste Forschungen durchgeführt. Hierbei werden u.a. neue Methoden zur Phosphorrückgewinnung aus den Klärschlämmen entwickelt, die Wirkweise von neuen patentierten Düngemitteln auf das Pflanzenwachstum untersucht, neuartige Bodenstrukturen für aride Gebiete entwickelt und besonders, die massenbezogene Verwertung der Klärschlamm-Karbonisate in Baustoffen vorangetrieben. Ziel hierbei ist es, eine wirtschaftliche und hochwertige Verwertung sowie effiziente Schließung lokaler Stoffkreisläufe zu erreichen. Mit dem aufgebauten Know-How können darüber hinaus neue Stoffströme als Kohlenstoffsenken erschlossen und als Ersatz für ressourcenintensiv hergestellte Materialien in der Industrie verwendet werden.

## **Zusammenfassung: Dringlichkeit und zukünftige Herausforderungen**

Mit der neuen Klärschlammverordnung (AbfKlärV, 2017) werden Kommunen mit einer Einwohnerzahl von >100.000 ab dem Jahr 2029 und Kommunen mit einer Einwohnerzahl von > 50.000 ab dem Jahr 2032 verpflichtet, für die Verwertung der Klärschlämme neue Wege zu beschreiten. Kleinere Kommunen sind (noch) nicht an die neuen Regelungen der Klärschlammverordnung gebunden. Alle Kommunen sind jedoch dazu aufgefordert bis 2023 zu beschreiben, welche Maßnahmen ergriffen werden sollen, um Klärschlämme zukünftig möglichst klimaeffizient und dem Ressourcenschutzprogramm der Bundesregierung entsprechend zu verwerten.

Um den Zielen eines nachhaltigen Umwelt- und Ressourcenschutzes gerecht zu werden, wurden im Rahmen der neuen Klärschlammverordnung erstmals umfassende Vorgaben für eine Rückgewinnung von Phosphor (P) aus der thermischen Verwertung aufgenommen. Diese Verpflichtung zur P- Rückgewinnung ist zwingend vorgeschrieben für Klärschlämme, die in der Trockenmasse 20g P je Kilogramm und mehr enthalten.

Während Kommunen mit mehr als 50.000 EW zur thermischen Verwertung der Klärschlämme mit anschließender Phosphor Rückgewinnung verpflichtet sind, steht den kleineren Kommunen weiterhin der Weg der Verwertung grundsätzlich offen. Die dauerhafte Ausnahme von dieser Regelung soll den Besonderheiten des ländlich geprägten Raumes entsprechen. Es sind jedoch verschiedene Tendenzen in der aktuellen Verwertungssituation zu beobachten, aufgrund derer gerade in den kleineren Kommunen eine Veränderung der Verwertungssituation durchaus wünschenswert ist.

Da die Kraftwerke und Mitverbrennungsmöglichkeiten, die die Klärschlämme bisher als Sekundärbrennstoff eingesetzt haben, langfristig zurückgefahren werden sollen, ist die Zukunft dieses Verwertungsweges im Zuge der aktuellen Klimaschutzpolitik unsicher. Somit ist bei diesen Verwertungsmöglichkeiten mit steigenden Kosten durch Logistik und Annahmgebühren zu rechnen.

Der landwirtschaftliche Naturraum ist geprägt durch Böden auf denen unterschiedlichste Mengen geerntet werden können. Um gute Ernteerträge zu realisieren, ist eine regelmäßige Nachdüngung durchzuführen. Die bisher weit verbreitete Möglichkeit zur bodenbezogenen Verwertung der Klärschlämme in der Landwirtschaft geht ebenfalls zunehmend zurück. Gestiegene Anforderungen durch gesetzliche Vorgaben gemäß der neuen Düngemittelverordnung, dem neugefassten Düngegesetz und der Cross Compliance, einem europäischen Regelwerk zur Landwirtschaft, erschweren eine Ausbringung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Darüber hinaus gelangt aus Gebieten mit einem hohen Viehbestand, mehr und mehr Wirtschaftsdünger in die Regionen, in denen leichte und nährstoffarme Böden vorherrschen. Da es sich hierbei um einen als „Wirtschaftsdünger“ eingestuften Stoff handelt, der nicht dem Abfallrecht zuzuordnen ist, wird diesen Stoffen beim Einsatz als Dünger der Vorrang vor den Klärschlämmen gegeben. Dies führt zu einer Verknappung der Aufnahmekapazität von Klärschlämmen in der regionalen Landwirtschaft.

Ein weiterer Aspekt, der die Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft zurückdrängt, liegt ebenfalls in der Düngemittelverordnung begründet. Der Zusatz von polymeren Flockungshilfsmitteln ist Stand der Technik bei der mechanischen Entwässerung von Klärschlamm. Das Ausbringen von Klärschlämmen, die mit diesen synthetischen Polymeren versetzt sind, wird infolge der Novellierung der Düngemittelverordnung ab 01.01.2019 ebenfalls erschwert. Produkte, die synthetische Polymere enthalten, die sich um weniger als 20 % in zwei Jahren abbauen, dürfen nur noch bis zu einer Masse (bezogen auf die enthaltenen Polymere) von bis zu 45 kg je Hektar innerhalb von drei Jahren auf derselben landwirtschaftlichen Fläche ausgebracht werden. Auch infolge dessen, ist weiterhin bei der Klärschlammverwertung mit steigenden Kosten und nachlassender Akzeptanz in der Landwirtschaft zu rechnen. Selbst in den ländlichen Regionen liegen die Kosten heute bereits über 100 Euro je Tonne Originalsubstanz - Tendenz steigend.

Darüber hinaus liegt oft ein kommunales Problem der Abfallbeseitigung in dem stetig ansteigenden Anfall an Strauchschnitt, Restholz und Grüngut. Hierbei werden üblicherweise die erheblichen Mengen kompostiert oder zu Holzpellets verarbeitet. Dieses Verfahren führt nicht nur zu Kosten und, bedingt durch die Überproduktionen zu einem damit einhergehenden Preisverfall, sondern zur erheblichen CO<sub>2</sub> Emission aus den Faulungsprozessen und der Verbrennung.

All diesen Herausforderungen gilt es nun zu begegnen. Wir hoffen, dass die von uns zusammengestellten Informationen für Sie hilfreich und aufschlussreich sind. Wenn wir mit diesem Überblick Ihr Interesse wecken konnten, oder weitere Fragen bestehen, freuen wir uns auf Ihren Anruf oder Mail unter den angegebenen Kontaktdaten.

Ihre

***Carbon+ und Carbon Instead***