



Team Nachhaltigkeit

Gesellschaft zur Konzeptentwicklung
von Verfahren zur Reduzierung
von Kohlendioxid Emissionen
in die Atmosphäre und der Fixierung von
Kohlenstoff

Fröbelstraße 14
D-26810 Westoverledingen
Fon +49 4955 8559

Gutachten Nr.	2020-101-Kurzfassung
Inhalt	Carbonisierung von Klärschlamm
Auftraggeber	Klimaschutzagentur Landkreis Hildesheim gGmbH Bischof-Janssen-Straße 31 31134 Hildesheim
Bearbeiter	Ingo Bode Prof. Dr. Ing. Hans-Peter Leimer
Datum	02.09.2020
Umfang	Dieses Gutachten umfasst 33 Seiten

Inhalt

1	Grundlagen / Verordnungen / Gesetze	3
2	Grundlagen	5
2.1	Die Begründung zur Ausarbeitung	5
2.2	Die Motivation	6
3	Grundlagen zum Thema	8
3.1	Was ist Klärschlamm	9
4	Bisherige Wege der Klärschlammverwertung	10
4.1	Bodenbezogene Verwertung von Klärschlämmen	10
4.2	Klärschlammkompostierung	11
4.3	Klärschlammvererdung	11
4.4	Mitverbrennung	12
4.5	Deponierung	12
5	Zukünftige Wege der Klärschlammverwertung	13
5.1	Thermische Verwertung	13
5.2	Die Monoverbrennung	13
5.2.1	Logistik / Transport	14
5.2.2	Aufbereitung zur Phosphat-Abtrennung	15
5.2.3	Vorteile des Verfahrens	15
5.2.4	Genehmigung	16
5.3	Die Klärschlammcarbonisierung	16
5.3.1	Grundlagen der Carbonisierung	16
5.3.2	Grüngutfraktionen als Ergänzung	17
5.3.3	Klärschlammcarbonisate	18
5.3.4	Die bodenbezogene Verwertung von Klärschlammcarbonisaten und deren Wirkung auf den Boden.	18
5.3.5	Die Phosphatverfügbarkeit in Klärschlammcarbonisaten	19
5.3.6	Qualitätsmanagement für Klärschlammcarbonisate	20
5.4	Klärschlammcarbonisierung vs Klärschlammmonoverbrennung	21
6	Musteranlage Klärschlamm- und Grüngutcarbonisierung	22
6.1	Der Standort	22
6.2	Grundlagen	24
6.2.1	Anforderungen eines möglichen Projekts an die örtlichen Gegebenheiten	25
6.2.2	Die schematische Darstellung Massenströme	26
6.3	Genehmigung der Anlagen zur Klärschlammcarbonisierung	26
6.4	Die Wirtschaftlichkeit	27
6.5	Input, Kohlendioxid und Klimaschutz	28
6.5.1	CO2 Bilanz	29
6.6	Die Kläranlagen im Landkreis Hildesheim (Recherche Landkreis)	30
7	Projektbegleitende Forschung	31
7.1	Allgemeines	31
8	Prüfung der Fördermöglichkeiten	32

9	Zertifikathandel	33
10	Zusammenfassung der Untersuchung für die Entscheidungsträger	33
10.1	Klimaschutz	34
10.2	Die Anwendung der Carbonisate,- rechtlich	34
10.3	Die Anwendung der Carbonisate,- bodenbezogen	34
10.4	Die erreichbaren Ziele	35

1 Grundlagen / Verordnungen / Gesetze

- [1] ProgRess 2012 Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
- [2] Klärschlammverordnung in der aktuellen Fassung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465)
- [3] Cross Compliance ist die Bindung der Auszahlung öffentlicher Gelder, insbesondere von Agrarsubventionen an die Einhaltung rechtlicher oder ethischer Standards aus Bereichen außerhalb des erklärten vorrangigen Zweckes dieser Fördermittel.
- [4] Ein Jahr nach dem Pariser Klimaabkommen verabschiedete die Bundesregierung den daraus resultierenden Klimaschutzplan 2050
- [5] K. Friedrich et al.,
- [6] Terra preta de índio („schwarze Indianererde“) ist die Bezeichnung für einen fruchtbaren, im Amazonasbecken anzutreffenden anthropogenen Boden
- [7] Bruno Glaser Ist ein deutscher Bodenbiogeochemiker und Hochschullehrer, der an der Universität Halle (Saale) lehrt. Sein Forschungsgegenstand sind Terra preta, Pflanzenkohle, Paläoökologie und die Stabilisotopenanalyse
- [8] Das TCR Verfahren wandelt Biomasse mit einem mehrstufigen Verfahren und abschließender Kohlevergasung um. Im Ergebnis werden mit diesem Verfahren hochqualitatives Synthesegas, Bioöl und Biokohle erzielt
- [9] In Niederfrohna ist im Januar diesen Jahres eine Klärschlammcarbonisierung in Betrieb genommen worden. Es handelt sich hier um ein Projekt, welches durch die Landesregierung gefördert worden ist.
- [10] Das *European Biochar Certificate* ist ein freiwilliger Industriestandard in Europa und gilt in den meisten Einsatzbereichen als Voraussetzung.
- [11] „Technisch-naturwissenschaftliche Grundlagen zum Einsatz von Pflanzenkohle und Kompost als Bodenadditive für die Immobilisierung von Schadstoffen an Altlastenstandorten“. Forschungsprojekt der Universität Wien. KOKOSAN I und II. Leitung

- Prof. Dr. Thilo Hofmann, Universität Wien, Kooperation PD Dr. Gerhard Soja, AIT Austrian Institute of Technology GmbH.
- [12] Das Ithaka Institut (CH) ist ein internationales Open Source Netzwerk für Klimafarming und Kohlenstoff-Strategien. Das Delinatinstitut ist eine Anwendungsbezogene Einrichtung des Ithaka Institut.
 - [13] BBS INSTITUT, Wolfenbüttel, Prof. Dr. Ing. Leimer
 - [14] Klimaschutzplan 2030, die Bundesrepublik hat sich dazu verpflichtet bis 2030 den Ausstoß klimaschädlicher Gase, gemessen and den Emissionen von 1990, um 40 % zu reduzieren
 - [15] Klimaschutzplan 2050, Deutschland hat sich auf dem UN-Klimaschutzgipfel in New York dazu bekannt, Treibhausgasneutralität bis 2050 als langfristiges Ziel zu verfolgen
 - [16] Landwirtschaftskammer Niedersachsen
 - [17] UMB, Texte 04/2016: Chancen und Risiken des Einsatzes von Biokohle und anderer „veränderter“ Biomasse als Bodenhilfsstoffe oder für die C-Sequestrierung in Böden
 - [18] UBA, „Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland“
 - [19] Universität Innsbruck, „Klärschlamm Pyrolyse als dezentrales Verwertungskonzept“
 - [20] Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft
 - [21] DR.-ING. JOHANNES POPEL Die Phosphatentfernung als dritte Stufe der Abwasserreinigung
 - [22] Der **Organic Rankine Cycle** (Abkürzung **ORC**) ist ein Verfahren des Betriebs von Dampfturbinen mit einem anderen Arbeitsmedium als Wasserdampf. Der Name des Verfahrens geht auf William John Macquorn **Rankine** zurück, einen schottisch-britischen Physiker und Ingenieur im 19. Jahrhundert.

2 Grundlagen

2.1 Die Begründung zur Ausarbeitung

Um die Möglichkeiten zum

„Einsatz von Pflanzenkohle zur Senkung des CO₂ Gehaltes der Atmosphäre“

zu erarbeiten, wurden durch die Verfasser umfassende Studien, Versuche und Forschungen durchgeführt.

Mit dieser Ausarbeitungen soll die Situation der

- pyrolytischen Verwertung von pflanzlichen (Rest-) Stoffen aus den Grüngut-sammlungen

sowie

- die pyrolytische Verwertung von kommunalen Klärschlämmen

unter dem Aspekt der CO₂ Fixierung und der Installation von Konzepten zur thermischen Verwertung von Klärschlamm betrachtet werden.

Im Rahmen dieser Ausarbeitung sollen neben verschiedensten Fakten zu diesem Thema ein mögliches Pilot-Projekt im Landkreis Hildesheim untersucht werden. Grundlage hierfür liefert eine bestehende Kläranlage. Die hierfür erforderliche Projektskizze wird nachstehend dargestellt. Alle für ein derartiges Vorgehen erforderlichen Fakten rund um das Thema sollen beleuchtet, kommentiert und schließlich aufgrund der aktuellen gesetzlichen Grundlagen auf deren Machbarkeit überprüft werden.

Darüber hinaus soll diese Arbeit eine Entscheidungs- und Informationshilfe für kommunale Akteure darstellen, da ein derartiges, ganzheitliches Konzept neue Möglichkeiten darstellt einerseits die Klimaschutzziele 2030/2050 zur Senkung [14][15] der Treibhausgasemissionen, andererseits die Problematik der Klärschlammbeseitigung zu lösen.

Um diese Konzepte in die Leitlinien des Landes Niedersachsen und des Landkreises Hildesheim einzubetten ist geplant, im Rahmen einer Begleitforschung, mitfinanziert durch das des Umweltministerium, die Ergebnisse zu bestätigen. Folgende Bereiche sollen unterstützt werden:

1. Unterstützung der Ausführung eines Pilotprojektes, bei der
 - a. Genehmigung
 - b. Realisierung
 - c. Umsetzung
2. Unterstützung einer 1-jährigen Begleitforschung
3. Mitarbeit bei den Festlegungen der Grundlagen zur Umsetzung von Pyrolyseanlagen
 - a. Vorgaben für die Genehmigung
 - b. Vorgaben für den Betrieb

2.2 Die Motivation

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. Alle anderen, kleineren Kommunen, sind nicht an diese 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 [1] entsprechend zu verwerten.

Um den Zielen eines nachhaltigen Umwelt- und Ressourcenschutzes gerecht zu werden wurden im Rahmen der neuen Klärschlammverordnung [2] (AbfKlärV) die Anforderungen an eine klimaeffiziente Verwertung der Klärschlämme verschärft. Als ein zentrales Element dieser Neufassung sind erstmals umfassende Vorgaben für eine Rückgewinnung von Phosphaten (P) aus der thermischen Verwertung der Klärschlämme aufgenommen worden. Diese Verpflichtung zur P- Rückgewinnung ist zwingend vorgeschrieben für die Klärschlämme, die in der Trockenmasse 20 g P je Kilogramm und mehr enthalten.

Die dauerhafte Ausnahme von dieser Regelung für Kommunen mit einer Größe < 50.000 Einwohnern soll den Besonderheiten des ländlich geprägten Raumes entsprechen. Jedoch sind verschiedene Tendenzen in der aktuellen Verwertungssituation zu beobachten, aufgrund derer auch in den kleineren Kommunen, die nicht den Anforderungen aus der neuen AbfKlärV unterworfen sind, eine Veränderung der Verwertungssituation durchaus wünschenswert sind.

Die bisher weit verbreitete Möglichkeit zur bodenbezogenen Verwertung der Klärschlämme in der Landwirtschaft wird zunehmend zurückgenommen. Die Gründe hierfür liegen darin, dass mit der neuen Düngeverordnung (DüV), sowie dem neugefassten Düngegesetz (DüG) verschärfte Regelungen in der Landwirtschaft geschaffen worden sind.

Während die Kommunen mit mehr als 50.000 EW zur thermischen Verwertung der Klärschlämme mit anschließender Phosphor Rückgewinnung verpflichtet sind, steht den kleineren Kommunen auch weiterhin der Weg der Verwertung grundsätzlich offen. Auch für diese Gemeinden jedoch nehmen die Möglichkeiten der Verwertung ab. Ist für diese Kommunen auch weiterhin der Weg der Mitverbrennung, sowie der bodenbezogenen Verwertung offen, ist langfristig damit zu rechnen, dass die Verbrennungskapazitäten der Kraftwerke dauerhaft zurückgefahren werden.

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

Auch die Ausbringung der Klärschlämme in der Landwirtschaft, als eine traditionelle Verwertungsmöglichkeit, wird in der Zukunft fraglich werden. Gestiegene Anforderungen an

eine Ausbringung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen erschweren diese Möglichkeit in zunehmenden Maßen. Gesetzliche Vergaben, sowie die Cross Compliance[3], ein europäisches Regelwerk durch das die Landwirtschaft vor immer neue Herausforderungen gestellt wird, sind die Gründe für einen abwärts gerichteten Trend zur Ausbringung der Klärschlämme in der Landwirtschaft.

Der Naturraum Hildesheimer Börde ist landwirtschaftlich geprägt durch sehr gute Böden auf denen zum Teil Höchstmengen geerntet werden können. Um diese hohen Ernteerträge zu realisieren ist eine regelmäßige Nachdüngung durchzuführen. Durch die hohen Ernteerträge wird neben den Nährstoffen ständig organische Substanz, in Form von Humus, abgebaut. Die Landwirtschaft ist zur Vermeidung von Erosionen dazu gezwungen auch diesen Humusverlust auszugleichen. Sowohl für die Ergänzung der wichtigen Humusfraktion wie auch für die Ergänzung der Nährstoffe muss regelmäßig ein Ausgleich durchgeführt werden. In zunehmenden Maßen gelangt aus den westlichen Landesteilen, den Gebieten mit einem hohen Viehbesatz, mehr und mehr Wirtschaftsdünger aus diesen Viehbeständen in die heimische Region[16]. Da es sich hierbei um einen als „Wirtschaftsdünger“ eingestuftem Stoff handelt, der nicht dem Abfallrecht zuzuordnen ist, wird diesen Stoffen beim Einsatz als Dünger, der Vorrang vor den Klärschlämmen gegeben.

Ein weiterer Aspekt der die Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft zurückdrängt liegt ebenfalls in der DüMV 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 DüMV 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. Infolge dieser Argumente ist auch weiterhin bei der Klärschlammverwertung mit steigenden Kosten und nachlassender Akzeptanz in der Landwirtschaft zu rechnen. Selbst in den ländlichen Regionen liegen die Kosten bereits um 100 Euro je Tonne Originalsubstanz mit steigender Tendenz.

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

Folgende Ziele müssen hierbei erreicht werden:

1. Beitrag zur Einhaltung der regionalen Klimaschutzziele 2030/2050 [14][15]
2. Lösung der Problematik der Klärschlammabeseitigung

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 Auftragsent-sorgung.

3 Grundlagen zum Thema

Die Entwicklung, gerade in den vergangenen Jahrzehnten, hat in vielen Bereichen unse-res Lebens ein Umdenken erforderlich gemacht. Die Nachhaltigkeit und der Klimaschutz haben einen festen Platz in unserem Leben gefunden. Schutz der Ressourcen, der Schutz der Atmosphäre und der Schutz der Gewässer, erfordern ein Umdenken in unserem Han-deln. Im Rahmen zahlreicher Maßnahmen, die von diesem Umdenken geprägt worden sind, findet sich auch die Behandlung der in unserer Gesellschaft entstehenden Abwässer wieder. Die neue Klärschlammverordnung liefert einen wichtigen Beitrag dazu. Die Bun-desregierung hat mit dem Klimaschutzplan 2050 [4] die Verpflichtung übernommen das „Pariser Abkommen“ umzusetzen. Der Klimaschutzplan 2050 muss zwangsläufig in unse-rer Gesellschaft zu einem Paradigmenwechsel führen. Wirtschaft und Gesellschaft müs-sen sich zukünftig zu einer Decarbonisierung verpflichten.

Wir werden darauf angewiesen sein, zunehmend im Rahmen strategischer Entscheidun-gen den Aspekt des Klimaschutzes einzubeziehen. Der Klimaschutzplan 2050 und alle daraus abzuleitenden und sich daran anlehrende Vorhaben mit dem Ziel der Reduktion von schädlichen Klimaeinflüssen, stellt eine Strategie zur Modernisierung der Wirtschaft dar und soll als eine Orientierungshilfe für bevorstehende Investitionen gesehen werden. Wo immer möglich sollten Prozesse, die mit einer Emission von klimaschädlichen Gasen verbunden sind, reduziert, wenn möglich gegen solche ausgetauscht werden, die dazu in der Lage sind diese Emissionen zu verhindern.

Immer mehr gelangt die Wissenschaft zu dem Ergebnis, dass eine CO₂ Reduktion in allen dafür relevanten Prozessen wie der Energiegewinnung oder der Mobilität nicht ausreicht, um die angestrebten Klimaziele zu erreichen.

Strategien werden entwickelt, um der Atmosphäre CO₂ zu entziehen, zu verdichten und unterirdisch, unter hohen Drücken, einzulagern. Unter diesen vorstehend genannten As-pekten erscheint die Carbonisierung, besonders auch die Klärschlamm-Carbonisierung, als eine Möglichkeit der Forderung zu entsprechen CO₂ in Form von Carbonisat auf sehr lange Sicht zu fixieren [17].

Im Rahmen einer wirtschaftlichen Betrachtung eines derartigen Vorgehens besteht die zwingende Notwendigkeit die prozessbedingt entstehenden Produkte einer sinnvollen Verwertung zuzuführen. Insbesondere daher, dass ein Verfahren zur Klärschlammcarbo-nisierung eine recht junge Möglichkeit der thermischen Verwertung darstellt, ist es von

großem Interesse Möglichkeiten zu finden den Output-Stoffstrom einer sinnvollen Verwertung zuzuführen.

Gerade vor dem Hintergrund einer verpflichtenden Rückführung der Phosphate gemäß AbfKlärV in einen Nährstoffkreislauf, ist es erforderlich diesen Stoffstrom einer bodenbezogenen Verwertung zuzuführen. In besonderen Fällen können diese Stoffe einer alternativen Verwertung zugeführt werden. Im Verlauf dieser Darstellung wird noch detailliert auf die von der Team N entwickelten Möglichkeiten dazu eingegangen.

3.1 Was ist Klärschlamm

Laut Klärschlammverordnung (AbfKlärV) § 2, Absatz 2 ist Klärschlamm wie folgt definiert:

„Klärschlamm ist ein Abfall aus der abgeschlossenen Behandlung von Abwasser in Abwasserbehandlungsanlagen, der aus Wasser sowie aus organischen und mineralischen Stoffen, ausgenommen Rechen-, Sieb- und Sandfangrückständen, besteht, auch wenn der Abfall entwässert oder getrocknet sowie in Pflanzenbeeten oder in sonstiger Form behandelt worden ist“.

Der Klärschlamm besteht aus festen und/oder gelösten organischen und anorganischen Bestandteilen.

Die zu sammelnden kommunalen Abwässer werden in den Kläranlagen durch verschiedene biologische, chemische und physikalische Verfahren so aufbereitet, dass von diesen Stoffen keine Gefahren für die Umwelt ausgehen können.

Nach einer mechanischen Entwässerung wird der Klärschlamm heute zu einer weiteren Verwertung mit einem Gehalt an Wasser in Höhe von ca. 75 % abgegeben. Die Konsistenz dieser so erhaltenen Masse ist stichfest und mit sehr feuchtem Boden zu vergleichen.

In zunehmendem Maß sind heute die zu klärenden Abwässer mit Schadstoffen, wie z.B. mit Arzneimittelrückständen belastet. Die Konzentrationen anderer Schadstoffe, wie z.B. Schwermetalle, konnten durch allgemeine und administrative Maßnahmen in den letzten Jahren reduziert werden. Diese Schadstoffe spielen dennoch bei allen heutigen Möglichkeiten der Klärschlammverwertung eine bedeutende Rolle, die eine erhöhte Aufmerksamkeit bei der Verwertung erfordert[18].

Eine Differenzierung dieser Schadstoffe lässt sich mit Ausprägung der wirtschaftlichen Gegebenheiten der jeweiligen Kommunen erklären. So sind die Belastungen durch Arzneimittelrückstände in den Regionen höher in denen die wirtschaftliche Ausprägung durch ein vermehrtes Vorhandensein von Krankenhäusern und Reha-Einrichtungen gekennzeichnet ist.

In den eher industriell geprägten Regionen sind hingegen eher andere Belastungen, wie u.U. Schwermetalle, vorzufinden und zu berücksichtigen.

Jedoch enthalten die Klärschlämme auch Stoffe, die für ein gesundes Pflanzenwachstum erforderlich sind. Diese sind die sogenannten Pflanzennährstoffe. Insbesondere sind es die Phosphatverbindungen, die im Klärschlamm traditionell in einem erhöhten Maß vorkommen.

Die Ursachen sind darin begründet, dass diese Phosphate in großen Mengen den Waschmitteln zugesetzt werden. Sind diese Mengen durch gesetzlichen Vorgaben (Phosphathöchstmengenverordnung – PHöchstMengV) in den vergangenen Jahren auch stark rückläufig, so ist durch den vermehrten Einsatz von Geschirrspülmaschinen der Verbrauch an Phosphaten wieder leicht gestiegen. Zum einen waren es Gründe des Umweltschutzes, da ein erhöhtes Aufkommen von Phosphaten in den geklärten Abwässern zu einer „Überdüngung“ der Gewässer und damit zu einem erhöhten Pflanzenwachstum geführt haben, zum anderen war es jedoch die Erkenntnis, dass die Phosphatreserven auf unserem Planeten nicht unendlich sind, was zu einer drastischen Reduktion und sogar eine Beschränkung der Phosphate in Waschmitteln für Textilien geführt hat.

Wissenschaftlichen Berechnungen zufolge sollen die vorhandenen Phosphatreserven, den heutigen Verbrauch zugrunde gelegt, noch für einen Zeitraum von <300 Jahren ausreichen. Dieses war der Grund dafür, dass bereits im Jahr 2012 durch die Bundesregierung das Ressourcenschutzeffizienzprogramm (ProgRess) verabschiedet worden ist. Es handelt sich hierbei um ein Programm zum Schutz der natürlichen Ressourcen, also auch den Phosphaten. Dieses Ziel die natürliche Ressource Phosphat zu schützen, fand dann auch Eingang in die neue Klärschlammverordnung in deren Rahmen die Phosphorrecyclingverordnung integriert worden ist.

4 Bisherige Wege der Klärschlammverwertung

Die bisherigen Wege der Klärschlammverwertung sind:

- Die bodenbezogene Verwertung
- Die Klärschlammkompostierung
- Die Klärschlammvererdung
- Die Klärschlammmitverbrennung
- Die Klärschlammdeponierung

4.1 Bodenbezogene Verwertung von Klärschlämmen

In Deutschland fallen jährlich etwa 1,8 Millionen Tonnen Klärschlamm (Trockenmasse) aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen an. Durch die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm werden Nährstoffe im Kreislauf gehalten und den Böden erhebliche Mengen an organischer Substanz zugeführt.

Bereits lange vor dem industriellen Zeitalter war die Düngewirkung von Klärschlamm bekannt. Traditionell wurde dieser Klärschlamm schon immer als ein organisches Düngemittel verwertet.

Ein immer kritischer werdender Einfluss von Chemikalien und Arzneimitteln in unserem Alltag, aber auch die modernen analytischen Verfahren haben dazu geführt, dass dieser traditionelle Einsatz von Klärschlamm immer kritischer betrachtet werden muss.

Die steigende Zahl der landwirtschaftlichen Mastbetriebe mit der dadurch bedingt ansteigenden Menge an vorhandenen Nährstoffen, die auf den landwirtschaftlichen Flächen auszubringen sind (Düngegesetz, Düngeverordnung, Düngemittelverordnung, Wirtschaftsdüngerausbringungsverordnung, TrinkWV, BBSchG), führen zu einer konkurrierenden Situation zwischen Nährstoffen aus den Wirtschaftsdüngern und den Nährstoffen aus Klärschlämmen. Die überwiegende Nährstoffversorgung in der Landwirtschaft wird durch das Aufbringen von Wirtschaftsdüngern und die gut zu dosierenden mineralischen Düngern dargestellt.

Der Einsatz von Klärschlämmen in der Landwirtschaft ist in den vergangenen Jahren mehr und mehr in den Hintergrund geraten.

4.2 Klärschlammkompostierung

Bei der Klärschlammkompostierung handelt es sich um eine biologische Methode zur Behandlung von Klärschlämmen die in der Bundesrepublik Deutschland zur Zeit in etwa 30 Anlagen praktiziert wird.

Die Verrottung (aerobe Zersetzung fester organischer Stoffe) wird in Mieten oder in Behältern bei Temperaturen von etwa 65 °C ablaufen. Neben einer Belüftung ist die Beimengung organischen Kohlenstoffes erforderlich.

Der entstehende Kompost ist hygienisch einwandfrei. Klärschlammkompost kann sowohl landwirtschaftlich wie auch im Gartenbau eingesetzt werden.

Die Klärschlammkompostierung spielt in Deutschland eine untergeordnete Rolle in der Klärschlammverwertung.

4.3 Klärschlammvererdung

Aerob oder anaerob stabilisierter Klärschlamm mit ca. 1 bis 5 % Trockensubstanz wird ohne mechanische Vorbehandlung auf die Vererdungsbeete geleitet. Spezielle Schilfsorten sorgen für eine permanente Durchlüftung des Bodens im Wurzelbereich der Pflanzen.

Bedingt durch den schnellen Ablauf des im Klärschlamm enthaltenen Wassers steigt der Anteil an Trockensubstanz auf bis zu 10%. Das über ein Drainagesystem gesammelte Ablaufwasser wird zu der Kläranlage zurückgeführt. Die verbleibenden Feststoffanteile werden mikrobiologisch zu einem nährstoffreichen und fruchtbaren Boden umgesetzt. Nach ca. 20 Jahren werden die Beete mit schwerem Gerät beräumt. Der entstandene

„Kompost“ kann einer gartenbaulichen oder landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden.

Die Nachteile liegen in einem sehr großen Flächenbedarf für die Beete und einer Aufkonzentrierung möglicher Schadstoffe in Form von Arzneimittelrückständen und anderen Schadstoffen.

Im Ergebnis entsteht bei der Klärschlammvererdung ein sehr humusreicher und fruchtbarer Boden. Die erzeugte Schlammerde stellt ein neues Produkt dar, dessen Eigenschaften mit Kompost oder gärtnerischen Erden vergleichbar sind. Sie eignet sich für eine Verwertung im Garten- und Landschaftsbau. Weitere Verwertungsmöglichkeiten liegen in den Bereichen Landwirtschaft, Rekultivierung usw. Die Klärschlammerde zeichnet sich insbesondere aus durch:

- sehr hohe Pflanzenverträglichkeit
- seuchenhygienische Unbedenklichkeit
- hohe chemische Stabilität
- hohe mechanische Stabilität
- erhöhte Akzeptanz in der Anwendung

4.4 Mitverbrennung

In großem und zunehmendem Maßstab werden Klärschlämme heute als ein Sekundärbrennstoff der Verbrennung zugeführt. Sowohl in Kraftwerken (401.000t TM, 2016), in Abfallverbrennungsanlagen (42.000t TM, 2016), in Zementwerken (125.000 t TM, 2016), sowie in bereits bestehenden Monoverbrennungsanlagen, werden Klärschlämme eingesetzt.

Die in den Klärschlämmen enthaltenen Phosphatverbindungen werden in der Asche, die bei diesem Verbrennungsprozess anfällt, gebunden und stehen für eine weitere Verwendung (Rückgewinnung) nicht mehr zur Verfügung. Gerade unter diesem Aspekt des Verlustes an Phosphaten, wurde der Phosphorrückgewinnung in der neuen gesetzlichen Regelung zur Klärschlammverwertung, der Klärschlammverordnung, eine wichtige Rolle zugeordnet.

4.5 Deponierung

Diese Form der Klärschlammverwertung ist seit 2005 nicht mehr zulässig.

5 Zukünftige Wege der Klärschlammverwertung

5.1 Thermische Verwertung

Aus den bereits dargestellten Zielen einer ebenso wirkungsvollen wie erforderlichen Phosphatrückgewinnung, ist zukünftig eine Klärschlammverbrennung in einem zeitlich gefassten Rahmen nicht mehr zulässig.

Lediglich die alleinige Verwertung von Klärschlämmen steht im Kontext mit einem ressourcenschonenden Handeln, welches im Anbetracht der Endlichkeit der Phosphorreserven zwingend erforderlich ist.

Als Verfahren zur thermischen Verwertung zählen zukünftig die Monoverbrennung, als eine (überwiegend) zentrale Verwertungsstrategie und die Vergasung als eine dezentrale thermische Verwertung.

5.2 Die Monoverbrennung

Im Rahmen der Monoverbrennung werden entwässerte Klärschlämme der Verbrennung zugeführt.

Für die Monoverbrennung von Klärschlamm haben sich unterschiedliche Ofenbauarten wie z.B. Etagenöfen, Wirbelschichtöfen und Rostfeuerungen in der Praxis bewährt.

Am weitesten verbreitet ist dabei die stationäre Wirbelschichtfeuerung, bei welcher der Klärschlamm mit einem Trocknungsgrad zwischen 25 % (bei Rohschlamm) und 50 % (bei Faulschlamm) in einer vertikal zylindrischen Brennkammer in einem so genannten Wirbelbett verbrannt wird. Dabei handelt es sich um eine Sandschicht, die durch vom Boden der Brennkammer her eingedüste Luft in einem Schwebezustand gehalten wird. Die Asche wird nahezu vollständig mit dem Abgasstrom aus dem Brennraum ausgetragen und muss über Elektro-Filter zurückgehalten werden.

Da die Klärschlammmonoverbrennungsanlagen nach der 17. BImSchV genehmigt werden müssen, ist neben der Entstaubung eine Absorption von sauren Gasen und Abreinigung von Schwermetallen (insbesondere Quecksilber) erforderlich.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Feuerraumtemperatur ist eine katalytische Entstickung in der Regel nicht notwendig.

Das Mengenverhältnis zwischen Schwefel und Chlor ist im Klärschlamm vergleichsweise hoch, zumal Chlor dort kaum in organisch gebundener Form vorliegt und somit in entsprechend geringerem Maße in den Abgasstrom gelangt.

Bei der Verbrennung werden organische Stoffe vollständig zu CO₂ oxidiert.

Der überwiegende Anteil der anorganischen Inhaltsstoffe (darunter auch die Schwermetalle) wird in den Verbrennungsrückständen aufkonzentriert. Diese Verbrennungsrückstände müssen wie die Abgasreinigungsprodukte gesondert entsorgt werden.

Aus den Klärschlammaschen müssen zukünftig Phosphate herausgelöst und in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden.

Großtechnische Verfahren zur wirtschaftlichen Phosphatrückgewinnung sind aktuell noch in der Entwicklung.

Hinsichtlich eines wirtschaftlichen Betriebs derartiger Verbrennungsanlagen sind moderne Projekte so konzipiert, dass große Mengen Klärschlamm zentral zu verwerten sind.

Der Betrieb kleinerer Anlagen ist derzeit wirtschaftlich nicht darstellbar. Die in der Planungsphase befindlichen Anlagen sehen Kapazitäten von 100.000 bis 240.000 t entwässerter Klärschlamm je Jahr vor.

5.2.1 Logistik / Transport

Allein die Tatsache, dass der Klärschlamm überwiegend mittels LKW Fracht transportiert werden muss macht deutlich, dass ein großes Logistikaufkommen am Anlagenstandort erforderlich ist.

Ein moderner LKW mit entsprechender Schadstoffklassifizierung (Euro 6) emittiert ca. 850 g CO₂/km beim Transport der Klärschlämme.

Ein weiterer logistischer Aufwand ist erforderlich um die entstandenen Aschen (ca. 18.000t/a = ca. 1600 LKW Fahrten) abzutransportieren um diese in den Zwischenlagern bis zur Aufbereitung einzulagern.

Betrachtung:

Emission LKW:	850 g CO ₂ je Kilometer
Transportmenge:	135.000 t Klärschlamm
Durchschnittliche Entfernung:	60 km
Transportmenge je LKW:	22 t
Erforderliche Fahrten:	6100/ 12.200
Transportkilometer:	732.000 km
CO ₂ Emission:	622 Tonnen



Darstellung der durchschnittlichen Transportentfernung von 60 km

Das, nach dem Bau der erforderlichen Aufbereitungsanlagen (P-Rückgewinnung) erforderliche Auslagern, um die Aschen der Aufbereitung zuzuführen, ist zwar regional nicht mehr relevant, der hierfür erforderliche Aufwand, inklusive des Transportaufwandes um die Reststoffe nach der Aufbereitung abzufahren, ist jedoch insgesamt der Ökobilanz eines derartigen Vorhaben zuzurechnen.

5.2.2 Aufbereitung zur Phosphat-Abtrennung

Neueste Forschungen (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung in Stuttgart) gehen dahin, durch einen Zusatz bereits zum entwässerten Klärschlamm vor der Verbrennung, die Bildung von komplexen Phosphatverbindungen zu provozieren. Diese Verbindungen liegen am Ende des Verbrennungsprozesses als reine Phosphatverbindung vor und werden mit spezieller Technik aus dem Prozess ausgetragen. Jedoch sind auch diese Verbindungen überwiegend wasserunlöslich.

Nach einer maximal zulässigen Lagerzeit (KrWG) sind die Klärschlammaschen einer weiteren Verarbeitung zur Phosphatabtrennung zuzuführen.

Aktuell steht noch kein großtechnisch ausgereiftes Verfahren für diese Anforderung zur Verfügung. (<https://www.vdi.de/news/detail/phosphorrecycling-aus-klärschlamm>)

5.2.3 Vorteile des Verfahrens

Mit den derzeit in Planung befindlichen Verbrennungsanlagen zur Monoverbrennung werden sehr große Mengen an Klärschlamm aus dem Verkehr genommen.

Die aktuellen Entwicklungen gehen dahin, dass sich viele Kommunen, bzw. deren Abwasserverbände, zu Unternehmungen zusammenschließen und gemeinsam diese Monoverbrennungsanlagen betreiben.

Weitere Kommunen gehen eine vorvertragliche Verbindung mit den Betreibergesellschaften ein und sind somit ihrer Verpflichtung zum Handeln nachgekommen.

5.2.4 Genehmigung

Das Genehmigungsverfahren derartiger Anlagen sind nach den Vorgaben des Bundesimmissionsschutzgesetz (Genehmigungsverfahren gemäß § 10 BImSchG) mit Öffentlichkeitsbeteiligung) durchzuführen. Abfallverbrennungsanlagen unterliegen weiterhin dem Geltungsbereich der 17. BImSchV (Verordnung über die Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen).

5.3 Die Klärschlammcarbonisierung

5.3.1 Grundlagen der Carbonisierung

Anders als bei der Verbrennung, bei der Stoffe unter Verbindung mit Luftsauerstoff reagieren und CO₂ freigesetzt wird, werden bei der Pyrolyse oder Carbonisierung diese Stoffe in sauerstofflimitierter Umgebung erhitzt. Dieser Mangel an Luftsauerstoff führt dazu, dass sich der Kohlenstoff aus den pflanzlichen Reststoffen oder auch aus der organischen Substanz des Klärschlammes nicht mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid verbinden kann. Da kaum Sauerstoff vorhanden ist, kann kein CO₂ entstehen. Der Kohlenstoff liegt nach der Carbonisierung in nahezu reiner Form vor. Beimischungen bestehen aus Asche und Mineralstoffen.

Dieser Prozess ist bereits sehr alt und fand bereits in der europäischen Mittelsteinzeit (8000 – 4000 Jahre v. Chr.) Anwendung und ist aktuell noch in der traditionellen Herstellung von Holzkohle bekannt.

Heute wird die gleiche Reaktion in Stahlbehältern durchgeführt. Mithilfe moderner Anlagentechnik wird innerhalb sehr kurzer Zeit, oft in 30 min und weniger, ein Prozess nachgebildet, der dem der Kohleentstehung vor nahezu 300 Mio Jahre (Inkohlung) ähnlich ist. Charakteristisch für diese Reaktion ist die sauerstoffarme Atmosphäre in der Anlage. Mit einem Verbrennungsluftverhältnis von $\lambda = < 1,0$ liegt während der Reaktion ein unterstöchiometrischer Sauerstoffgehalt vor, während bei der Verbrennung ein Verbrennungsluftverhältnis von $\lambda = 1,0$ vorliegt. Ein charakteristisches Merkmal der Carbonisierung stellt somit die Tatsache dar, dass, nicht wie bei der Verbrennung (Verrottung, Kompostierung, Verbrennung) CO₂ emittiert wird, sondern im Gegenteil, eine CO₂ Senke provoziert wird.

Zum Start des Prozesses werden die eingebrachten Stoffe mithilfe einer externen Energiequelle wie Flüssiggas auf Temperaturen von > 200 °C erhitzt. Nach dem Erreichen dieser Temperaturen beginnt der eigentliche Verkohlungsprozess. Es entstehen ein

brennbares Gasgemisch und Kohlenstoff. Der Kohlenstoff wird ausgetragen, während das Gasgemisch mithilfe eines speziellen Brenners verbrannt wird und damit die in einer Brennkammer vorhandene Luft auf Temperaturen von $> 1000\text{ °C}$ erhitzt wird. Diese derart erhitzte Luft wird in einen Heizmantel geleitet der den eigentlichen Reaktor umgibt. Die dort eingebrachten Stoffe werden so weiter erhitzt. Es entsteht ein kontinuierlicher Prozess ohne weitere Zufuhr externer Energie. Alle vier Wochen ist zum Zweck von Wartungsarbeiten der Betrieb für die Dauer von ca. einem Tag abzubrechen. Ein Neustart wird danach erforderlich.

5.3.2 Grüngutfraktionen als Ergänzung

Neben dem Klärschlamm soll in einer zu beschreibenden Musteranlage auch kommunales Grüngut aus der Kompostierung eingesetzt werden.

Die Verwertung einiger Grüngutfraktionen aus den kommunalen Sammlungen stößt heute zunehmend auf Probleme. Üblicherweise werden die Materialien aus der kommunalen Grüngutsammlung nach einer Kompostierung zur bodenbezogenen Verwertung in den Garten- und Landschaftsbau, sowie in die Landwirtschaft oder die Verbrennung abgegeben. Mehr und mehr rücken jedoch aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus problematische Stoffe zur Verbrennung in den Focus der hierfür genutzten Verbrennungsanlagen. Mögliche Kapazitäten für die Verbrennung von pflanzlichen Reststoffen werden aus diesem Grund reduziert.

Nach Aussage des Verbandes der Erden- und Humuswirtschaft Region Nord e.V. sowie der Bundesgütegemeinschaft Kompost, zeigt aktuell der Trend in der Verwertung dieser organischen Materialien das Problem auf, dass für Mengen an Grüngutfraktionen und Komposte nur noch wenige Abnehmer zu finden sind. Ein großer Teil an Kompost wird somit gegen Bezahlung in die Landwirtschaft abgegeben. Aus diesem Grund stehen auch im Landkreis Hildesheim in Kompostierungsanlagen diverse Mengen an Grüngutfraktionen für eine mögliche Carbonisierung zur Verfügung.

Im Rahmen von ersten Gesprächen mit dem „Zweckverband Abfallwirtschaft Hildesheim“ konnte dieses bestätigt werden. Mit einer derartigen Verwertung von Kompost und Klärschlamm gelingt es große Mengen an CO_2 dauerhaft in Form einer Kohlenstoffsequestrierung aus der Atmosphäre zu entziehen.

Mithilfe der Herstellung eines Gemisches aus Klärschlamm und Grüngut, wobei die Mengenverhältnisse variabel zu gestalten sind, besteht die Möglichkeit, die Anlagengröße zur Carbonisierung und Trocknung an jede Ausbaustufe einer örtlichen Kläranlage anpassen zu können.

Das Austragsgut wird so im Prozess gesteuert, dass die Anforderungen der Düngemittelverordnung in jedem Falle eingehalten werden können.

5.3.3 Klärschlammcarbonisate

Als Carbonisate werden alle Materialien bezeichnet, die den Prozess der Carbonisierung (Pyrolyse) durchlaufen haben.

Anders als bei der Verbrennung werden bei diesem Verfahren die zu carbonisierenden Stoffe in sauerstofflimitierter Umgebung auf hohe Temperaturen erhitzt.

Unabhängig vom Zielgedanken eines Projekts, welches unter ökonomischen und ökologischen Aspekten zu betrachten ist, ist dem wirtschaftlichen Rahmen eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Allein ökologische Ansätze sind für einen dauerhaften und erfolgreichen Betrieb nicht ausreichend.

Da ein Projekt zur Klärschlammcarbonisierung neben diesen beiden Aspekten auch insofern soziale Aspekte mit sich bringt, dass durch ein derartiges Vorhaben eine langfristige Preisstabilität für die kommunale Abwasserentsorgung zu erzielen ist, wird das Projekt auch von einem nachhaltig geprägten Charakter getragen.

Vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit ist es von Bedeutung festzustellen, wie weit die Verwertung der entstehenden Carbonisate in diese Entwicklungen einbezogen werden können. Hierin liegt für den Betrieb einer ersten Pilot-/Forschungsanlage zur Carbonisierung die Verantwortung, vor dem rechtlichen Hintergrund der möglichen Verwertung dieser Stoffe, auch die fachliche Komponente durch ein gezieltes Versuchsprogramm unter Einbeziehung der erforderlichen Stakeholder zu klären.

5.3.4 Die bodenbezogene Verwertung von Klärschlammcarbonisaten und deren Wirkung auf den Boden.

Der Klärschlamm besteht zu einem großen Teil (ca. 60%) aus Organik. Diese organischen Stoffe werden vollständig zu reinem Kohlenstoff umgesetzt, ohne das CO₂ entstehen kann. Diesem Kohlenstoff wird eine Stabilität von >1000 Jahren zugerechnet.

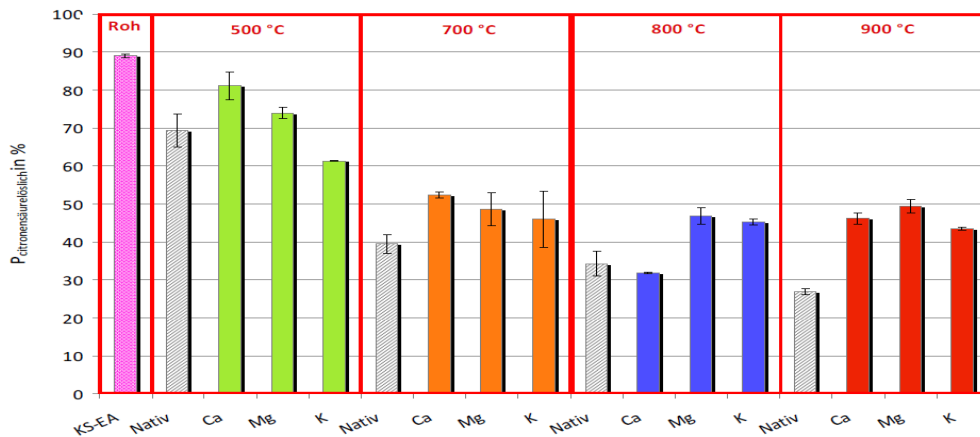
Wie vorstehend beschrieben, werden im Rahmen der Carbonisierung die organischen Stoffe (Grüngut und Klärschlamm) zu Kohlenstoff reduziert. Zahlreiche Forschungsprojekte konnten den Nachweis dafür bringen, dass dieser Kohlenstoff im Boden positive Auswirkungen provoziert. Neben der physikalischen Fähigkeit der Klärschlammcarbonisat diverse Mengen an Feuchtigkeit zu speichern und langsam wieder abzugeben, ist der Kohlenstoff dazu in der Lage im Boden oder auch im Stoff selbst vorhandene Nährstoffe zu adsorbieren und langsam an die Pflanzen abzugeben.

Bedingt durch eine große Kationenaustauschkapazität der enthaltenen Klärschlammcarbonisat findet eine verbesserte Interaktion der Pflanzen und den im Boden vorhandenen Nährstoffen statt. Die Gefahr einer Auswaschung von Nährstoffen wird reduziert. Die Humusbildung, sowie der Feuchtigkeitshaushalt werden positiv beeinflusst.

Ein besonderer Hinweis auf die positiven Auswirkungen des Kohlenstoffs auf den Boden lässt sich am Beispiel der „Terra Preta“^[6] finden. Diese schwarze Erde vergangener

Pyrolyse in einem niedrigeren Temperaturbereich in einer pflanzenverfügbaren Form vorliegen. Einige wissenschaftliche Arbeiten konnten dieses in der Vergangenheit bestätigen. Im Rahmen eines Projekts konnte zumindest im Technikumsmaßstab ein Klärschlammcarbonat hergestellt werden, welches in seiner Düngewirkung ca. 80 % – 90 % eines mineralischen Phosphordüngers entsprach. Sehr hohe Phosphatverfügbarkeiten nach der Klärschlammpyrolyse konnten auch durch das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) mithilfe des TCR Verfahren [8] geliefert werden.

Löslichkeit des Phosphors in den Carbonisaten



5.3.6 Qualitätsmanagement für Klärschlammcarbonisate

Für den Handel mit Pflanzenkohle ist in Deutschland für die überwiegenden Einsatzgebiete eine Zertifizierung nach dem „European Biochar Certificate“ [10] (EBC) erforderlich. Diese Zertifizierung ist vor dem Hintergrund einer Vereinheitlichung der qualitativen Anforderungen, die an eine schadstofffreie Pflanzenkohle zu stellen sind, geschaffen worden. Initiiert wurde diese Zertifizierung vom Schweizer „Ithaka Institut“. Gleiches Institut hat aktuell die Erweiterung dieser Zertifizierung initiiert. Aktuellen Informationen zufolge, soll dieses EBC Zertifikat auch auf die Produkte aus der Klärschlammcarbonisierung ausgeweitet werden.

5.4 Klärschlammcarbonisierung vs Klärschlammmonoverbrennung

Elementarer Kernpunkt der neuen Klärschlammverordnung in der Fassung von 2017 ist die Rückgewinnungspflicht für Phosphorverbindungen und deren Rückführung in die Land- und Gartenwirtschaft.

Jedoch soll diese Strategie der Nachhaltigkeit nicht als einzige Motivation für eine moderne Verwertung von Klärschlämmen dastehen. Neben dem Schutz von Ressourcen ist der Klimaschutz eine übergeordnete Verpflichtung für Wirtschaft und Gesellschaft.

Somit kann mit der nachstehend beschriebenen Projektierung, durch eine kommunale thermische Verwertung (Carbonisierung) von Klärschlamm eine CO₂ Senke geschaffen werden. Selbst kleine Kläranlagen haben mit der Klärschlammcarbonisierung die Möglichkeit einen Beitrag zum „Klimaschutzplan 2050“ zu leisten.

Ein weiterer Vorteil dieser dezentralen Möglichkeit der Klärschlammverwertung liegt in der nicht oder lediglich nebensächlich zu betrachtenden Logistik begründet.

Bei der zentralen Monoverbrennung zur Klärschlammverwertung ein großer logistischer Aufwand für den Antransport der Klärschlämme, ggf. den Transport zur Phosphorrückgewinnung den Abtransport der Aschen zu betreiben. Dieses entfällt nahezu vollständig bei der dezentralen, kläranlageninternen Lösung.

So ist bei der zentralen Monoverbrennung, durch den Aufwand für den Transport der Stoffe und CO₂ Emission aus dem Verbrennungsprozess, eine beträchtliche und zusätzliche CO₂ Quelle vorhanden, die nur schwerlich mit den Klimaschutzziele vereinbar sind.

6 Musteranlage Klärschlamm- und Grüngutcarbonisierung

6.1 Der Standort

Als Standort einer exemplarischen Musteranlage wurde die Kläranlage der Stadt Alfeld gewählt. Die Kläranlage ist im Ortsteil Wettensen, in unmittelbarer Nähe der Leine gelegen. Südwestlich verläuft die Bundesstraße 3. Die Kläranlage wird erschlossen über die Siebenbergstraße. Entlang dieser Straße ist die Ortschaft Wettensen in ca. 2 km erreichbar. Bedingt durch die Flussnähe ist die gesamte Kläranlage im Überschwemmungsgebiet der Leine gelegen, was in die zukünftigen Planungen einzubeziehen ist.

Nach einer Besichtigung der Anlage war festzustellen, dass im Bereich des älteren und stillgelegten Bereichs der Anlage ausreichend Platz für die Installation einer Carbonisierung und den dazugehörenden Anlagenbestandteilen vorhanden ist. Alte, stillgelegte Becken des älteren Teils der Kläranlage können, sofern erforderlich, in die Planungen einbezogen werden. Jedoch ist aufgrund der räumlichen Situation nicht davon auszugehen, dass diese Option erforderlich werden wird.

Die Anlage liefert eine jährliche Menge von ca. 1300 t entwässertem Klärschlamm mit einem Gehalt an Trockensubstanz von ca. 25 %. Da im Rahmen des Anlagenbetriebs ein Faulturm betrieben wird, wird die Menge an organischer Substanz reduziert, was jedoch in dieser Betrachtung nicht zu berücksichtigen ist. Dieser Faulturm wird täglich mit bis zu 60 m³ Sekundär und oder Primärschlamm beschickt.

Der Prozess der anaeroben Vergärung liefert ein Gas mit einem Methangehalt von ca. 54 %. Das Gas wird in einem BHKW verbrannt. Während der entstehende Strom eingespeist wird, wird mit der Wärme das gesamte Betriebsgebäude beheizt. In den Wintermonaten wird die thermische Energie als Heizenergie verbraucht. Im Sommer muss diese Energie über einen Tischkühler abgeführt werden.

In dieser Angelegenheit wäre im weiteren Verlauf einer Annäherung an ein Projektkonzept die Überlegung anzustellen, die im Sommer überschüssige Wärmemenge mittels eines geeigneten Organic Rankine Cycle System (ORC) noch zusätzlich zu verstromen.

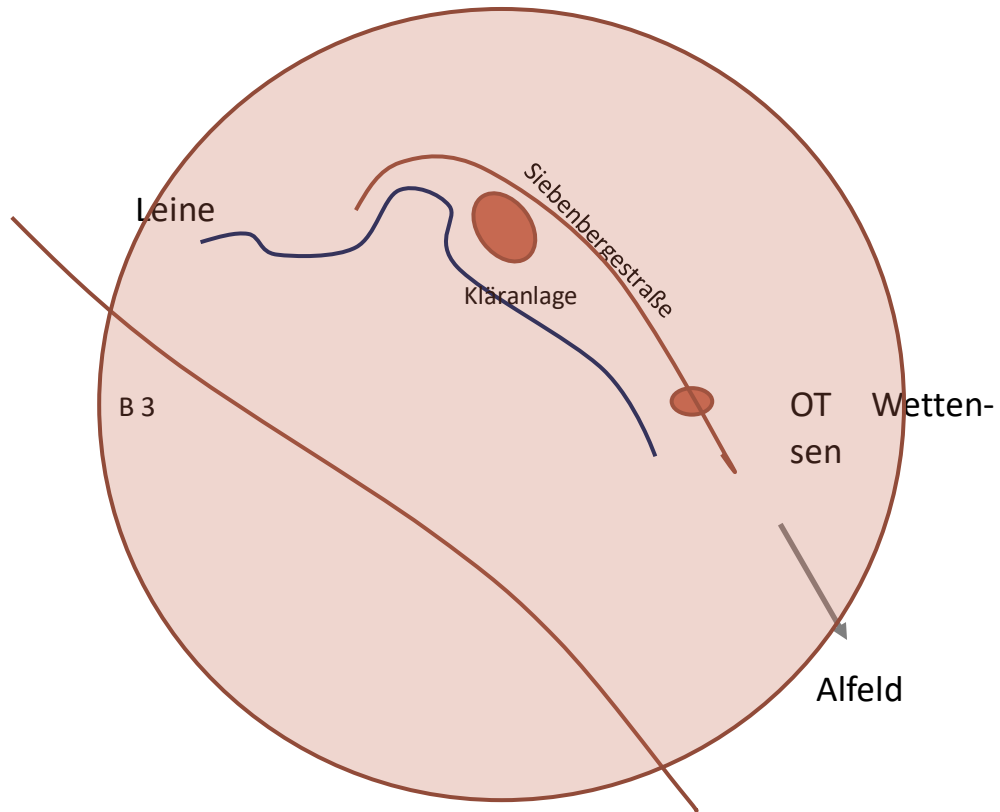


Bild: Standort

6.2 Grundlagen

Im Folgenden soll ein exemplarisches Anlagenprojekt zur Carbonisierung von Klärschlämmen unter Beimischung von Grüngut beschrieben werden.

Der Vorteil einer derartigen Kombination von Stoffströmen ist sehr vielfältig. Beide Stoffströme fallen in unserer Gesellschaft in großen Mengen an und für beide Stoffströme bestehen aktuell Verwertungsprobleme. Während diese Probleme für die Verwertung von pflanzlichen (Rest-) Stoffen lediglich einen erheblichen Kostenfaktor darstellen können, sind die Probleme, die sich aus der Klärschlammverwertung ergeben, wesentlich umfangreicher und schwerwiegender. Nicht zuletzt sind es die rechtlichen Grundlagen in Zusammenhang mit der chemischen Zusammensetzung der Klärschlämme, die eine Verwertung dieser Stoffströme vor immer neue Herausforderungen stellt. In zunehmenden Konzentrationen sind in den Klärschlämmen heutzutage Mikroschadstoffe in Form von Arzneimittelrückständen und Nanopartikeln, sowie Schwermetalle und andere organische Schadstoffe, nachzuweisen.

Es ist die Aufgabe unserer Gesellschaft diesen Herausforderungen entgegenzutreten und Maßnahmen zu ergreifen die eine schadlose Verwertung sicherstellt. Das, und der Schutz von Ressourcen, ist der Grund für die neu gefasste Klärschlammverordnung in Verbindung mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz, womit auf alle Anforderungen einer zeitgemäßen Verwertung eingegangen worden ist. So wird in §1 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, welches die Behandlung von Abfällen regelt, auf die vorstehend genannten Forderungen eingegangen:

Zitat:

„Zweck des Gesetzes ist es, die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen“.

Als Annahme für das zu beschreibende Musterprojekt wird vorausgesetzt:

Zu der Aufgabenstellung gehört die Darstellung eines Projekts zur Klärschlammcarbonisierung im Landkreis Hildesheim. Für die nähere Darstellung des Projekts werden nachstehende Annahmen zugrundegelegt:

1. Es stehen 1300 t entwässerter Klärschlamm mit einem Gehalt an 75 % Restfeuchte (ca. 325 t TS) für die Verwertung zur Verfügung.
2. Der bisherige Verwertungsweg schließt eine bodenbezogene Verwertung nicht aus, da die Schadstoffgehalte den Anforderungen, die aus der Düngemittelverordnung resultieren, entsprechen.
3. Das Material wurde einer anaeroben Behandlung (Faulturm) unterzogen.

4. Die für einen erforderlichen Materialstrom erforderlichen Mengen an Grüngut werden direkt auf dem Gelände der Kläranlage angeliefert.
5. Die angelieferten Pflanzenfraktionen müssen vor Ort konditioniert werden.
6. Auf dem Gelände der Kläranlage steht ausreichend Platz für ein derartiges Vorhaben zur Verfügung.

Das Anlagenkonzept sieht eine Carbonisierung und Trocknung von jährlich 1300 t Nassschlamm vor.

Das Anlagenkonzept besteht aus einer Kombination von Klärschlamm-trocknung und einer Klärschlamm-carbonisierung (Pyrolyse).

6.2.1 Anforderungen eines möglichen Projekts an die örtlichen Gegebenheiten

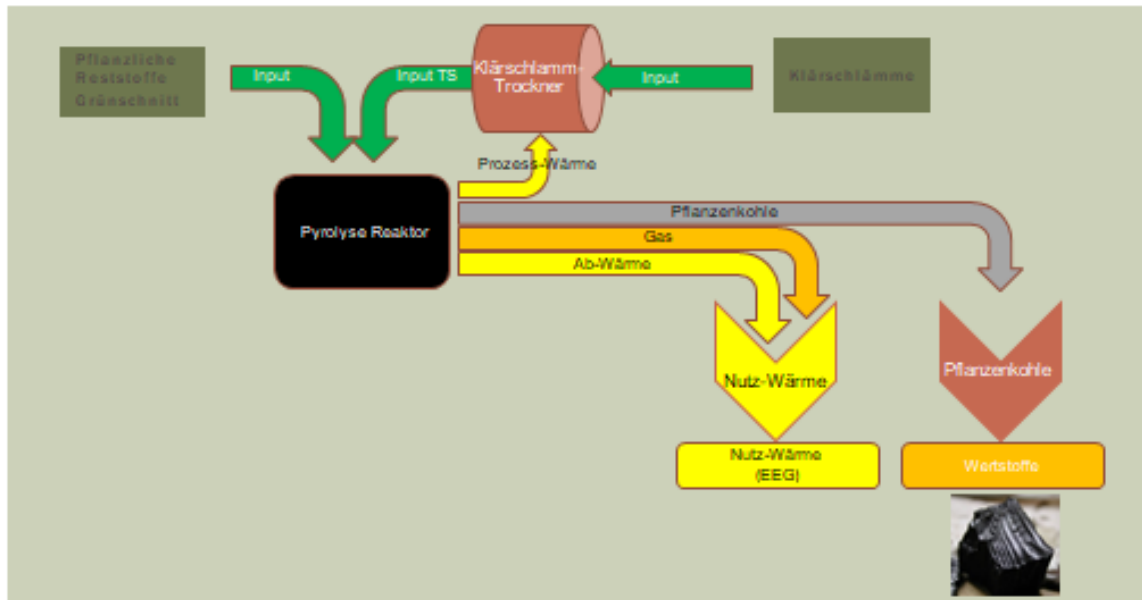
Da die Klärschlamm-pyrolyse in direkter Nachbarschaft mit der Kläranlage zu betreiben ist, ist eine Installation auf dem Gelände der Kläranlage zu präferieren.

Bedingt durch die Entfernung zu der Wohnbebauung (ca. 2,5 km in südöstlicher Richtung), die der Ortsteil Wettensen darstellt, ist der Standort für die Carbonisierung auf dem Gelände der Kläranlage, gut geeignet. Die bereits durch den Betrieb der Kläranlage am Standort vorhandenen Emissionen werden durch den Betrieb der Pyrolyse nicht beeinflusst.

Nach der Besichtigung des Standortes ist festzustellen, dass für die Integration der Anlagenkomponenten auf dem Gelände der Kläranlage genügend Freiflächen für ein derartiges Projekt zur Verfügung stehen.

Weitere Reserven sind in den stillgelegten Behältern des alten Anlagenbestandes zu sehen. Diese Behälter könnten nach deren Verfüllung in das Anlagenkonzept integriert werden.

6.2.2 Die schematische Darstellung Massenströme



6.3 Genehmigung der Anlagen zur Klärschlammcarbonisierung

Die Klärschlammcarbonisierung ist nach der vierten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV) Anhang 1, Nr. 8.1.1.4 nach Bundesimmissionsschutzgesetz genehmigungspflichtig.

Die Anforderungen, die an das anhängige Verfahren zu stellen sind, werden in der „Siebzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV) Abschnitt 3 beschrieben.

In diesem Abschnitt wird der Betrieb, bzw. die Überwachung von großtechnischen Anlagen, die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen geregelt. Aus diesem Grunde ist mit der zuständigen Genehmigungsbehörde eine Abweichung von den dort gestellten Vorgaben abstimmen. Insbesondere die Erfahrungen der bisher bereits in Betrieb befindlichen kleintechnischer Anlagen, sowie Vorgespräche mit der niedersächsischen Gewerbeaufsicht zeigen, dass für derartig kleine Anlagen eine Abweichung vom in Abschnitt 3, 17. BImSchV geforderten Online Messungen zu erwarten ist.

Alternativ zu den sehr aufwendigen Online-Messungen wurden bei bereits genehmigten Anlagen Emissionsmessungen in klar definierten Zeitintervallen und die Übermittlung dieser Messergebnisse an die zuständige Überwachungsbehörde, sowie eine geeignete Dokumentation dieser Daten gefordert.

In Bezug auf einen konkreten Standort ist im Rahmen eines frühzeitigen scoping Termins eine Absprache mit den am Genehmigungsverfahren beteiligten Trägern öffentlicher Belange herbeizuführen.

Unabhängig vom Genehmigungsverfahren sind vorab die baurechtlichen Grundlagen zu prüfen.

Aufgrund der nicht sehr hohen räumlichen Ansprüche, die für die Carbonisierungseinrichtung erforderlich sind, ist davon auszugehen, dass im Rahmen der vorhandenen Kläranlage ausreichend Flächen vorhanden sind.

6.4 Die Wirtschaftlichkeit

Nahstehend wurde die Wirtschaftlichkeit eines Musterprojekts beschrieben.

Hierzu wurden fiktive Annahmen getroffen deren Realisierung sich an den aktuellen Gegebenheiten orientieren. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die beschriebenen Parameter im Rahmen weiterer Recherchen, in der fortschreitenden Projektentwicklung, sowie sich verändernden gesetzlichen Regelungen, einer gewissen Volatilität unterworfen sind. Die nachstehenden Ansätze beruhen auf den derzeitigen Erkenntnissen. Nicht berücksichtigt sind hier mögliche Fördermittel aus nationalen (BMU) und internationalen („Green Deal“) Mitteln zur Verfügung stehen. Diese können, da sie projektspezifisch zu beantragen sind, nicht in die Kalkulation einbezogen werden. Eine Fördermittelzusage wird dann, infolge der Reduktion der Investitionskosten, zu einem deutlich verbesserten Ergebnis führen.

Wirtschaftlichkeitsrechnung Klärschlamm/Grünschnitt					
Regenis MAX KT Klärschlamm-/Trocknungs-/Hygienisierungs- und Entgasungsanlage					
Investment					1.210.000 Euro
BETRIEB: Einsatzstunden / Jahr:		8.000 h/a		91 %	
SERVICE: Servicezeit / Woche		15 h/Woche		9 %	
Abschreibung		10 Jahre			
Brenner		450 kW th			
Zinssatz:		2,0%			
Input Feuchtkuchen Klärschlamm		163 kg/h	1.300 t/a		
Input Grünschnitt		50 kg/h	400 t/a		
Output P-Dünger		21 kg/h	167 t/a		
Ertrag:					
Entsorgungsbeitrag Klärschlamm	1	100	€/t	1.300 t/a	130.000 €/a
Entsorgungsbeitrag Grünschnitt	1	20	€/t	400 t/a	8.000 €/a
KWK Beitrag	1	0,03	€ / bei 50% kWth	1.800.000 kWth	54.000 €/a
Einsparung Lager, Transporte usw.	1	10	€/t	1.300 t/a	13.000 €/a
CO2 -Zertifikate	1	25	€/t	723 t/a	18.063 €/a
Recyclingwärme Warmwasser	0	0,04	€/kWth	50 kW	0 €/a
Verkauf P-Dünger	1	50	€/t	167 t/a	8.336 €/a
Erträge:					231.399 €/a
Kosten:					
lineare AFA Bau					121.000 €/a
Zinskosten auf den halben Neuwert (auf FK):					12.100 €/a
Stützbrenner, Säure, Sonstiges		z.B. Biogas, z.B. 78% Säure			10.000 €/a
Stromverbrauch		8,0 kW	0,25 €		16.000 €/a
Wartung Unterhaltung, Service		5 % der Investition			60.500 €/a
Kosten:					219.600 €/a
Gewinn jährlich					11.799 €/a
Rendite		(bezogen auf Gesamtinvest)			1 %

Zusammengefasst soll der Tabellarischen Darstellung zu entnehmen sein, dass selbst im Rahmen einer konservativen Betrachtung eines derartigen Projekts der Betrieb einer Klärschlammcarbonisierung, als ein Klimaschutzprojekt, mit einer berechtigten Renditeerwartung zu betreiben ist.

6.5 Input, Kohlendioxid und Klimaschutz

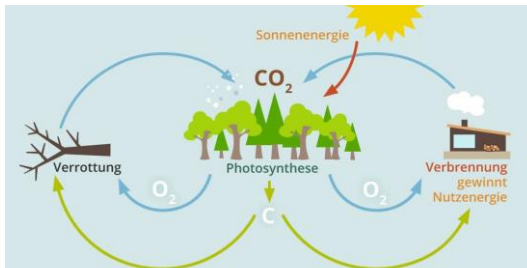
Durch die vor Ort vorhandene Kläranlage entsteht eine Menge von 1300 t entwässerter Klärschlamm je Jahr. Das entspricht bei einem Gehalt an Trockensubstanz von (TS) 25 % einer Menge an 329 t TS/Jahr. Unter Beimischung von Materialfraktionen aus der kommunalen Grüngutbehandlung wird diese Menge an Klärschlamm derart ergänzt, dass, einen kontinuierlichen Pyrolyseprozess vorausgesetzt, eine Betriebsdauer von ca. 8000 h/a erreicht wird.

Diese Form der Projektdarstellung beinhaltet neben einer effizienten und modernen Klärschlammverwertung, eine zeitgemäße Verwertung von pflanzlichen Reststoffen. Als Carbonisierungsprodukt entsteht aus diesem Gemisch, ein hochwertiges Material mit bodenverbessernden Eigenschaften. Sowohl die Klärschlämme, die zu einem überwiegenden Anteil aus Zellulose bestehen, wie auch die pflanzlichen Reststoffe liegen in einem vorhergegangenen Pflanzenwachstum begründet.

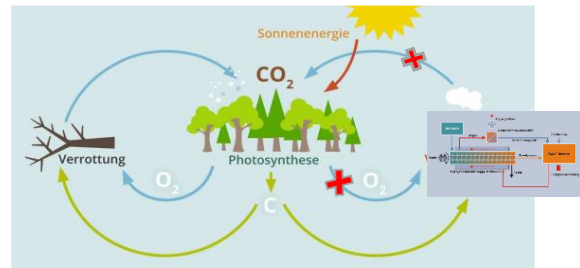
Im Rahmen dieses Wachstums haben die Pflanzen eine große Menge an CO₂ aus der Atmosphäre aufgenommen. Bedingt durch die Fotosynthese wird aus Nährstoffen, CO₂ und dem Sonnenlicht organische Pflanzenmasse aufgebaut. Jede Pflanzenmasse wird am Ende ihrer Nutzungsphase einer Oxidation (Verbrennung, Verrottung oder Kompostierung) zugeführt. Hierbei wird das einmal verarbeitete CO₂ wieder freigesetzt. Es entsteht ein nahezu CO₂ neutraler Prozess.

Im Gegensatz dazu liefert die Pyrolyse eine CO₂ negative Bilanz. Bevor CO₂ entstehen kann und wieder freigesetzt wird, wird der Kohlenstoff aus den organischen Verbindungen in Form von Pflanzenkohle (pflanzliche Reststoffe) oder Klärschlammcarbonisat (organische Bestandteile aus dem Klärschlamm) fixiert. Dieser Kohlenstoff ist über >1000 Jahre stabil.

Da die ständig nachwachsende Biomasse, weltweit den größten CO₂ Speicher darstellt, ist mit der Kohlenstoffsequestrierung durch die Pyrolyse eine gute Möglichkeit gegeben den Gehalt an CO₂ in der Atmosphäre zu reduzieren. Somit kann neben einer effizienten Klärschlammverwertung ein Projekt zum kommunalen Klimaschutz installiert werden.



CO₂ neutraler Prozess bei der Verbrennung von pflanzlichen Reststoffen und Klärschlamm



Mit der Pyrolyse entsteht ein CO₂ negativer Prozess.

Quelle: Fachverband Pflanzenkohle

6.5.1 CO₂ Bilanz

Unter der Annahme, dass in der Musteranlage 1300 t Klärschlamm mit einem Gehalt von 25 % TS, sowie 640 t Grüngut verwertet werden lässt sich die CO₂ Bilanz wie folgt betrachten:

Monoverbrennung:

Als ein grober Richtwert, wobei die unterschiedlichen Stoffströme differenziert zu betrachten sind, lässt sich sagen, dass infolge der Verbrennung von Klärschlamm, aus einer Tonne Klärschlamm-trockensubstanz ca. 1,7 Tonnen CO₂ freigesetzt werden. Das bedeutet, würden die Klärschlämme verbrannt, so würden aus 325 Tonnen Klärschlamm-trockenmasse ca. 552,5 t CO₂ freigesetzt.

Wird Grüngut verbrannt (Verrottung, Kompostierung, Verbrennung), dann werden aus 1 t Holz (z.B. aus der Grüngutsammlung oder Siebüberläufe aus der Kompostierung), je nach Materialbeschaffenheit, ca. 1,83 t CO₂ freigesetzt.

Carbonisierung:

Einen Konversionsfaktor von 3 zugrunde gelegt entstehen aus den 325 t Klärschlamm-trockenmasse ca 108 Tonnen Klärschlammcarbonisat.

Einer Tonne Klärschlammcarbonisat ist eine Menge von ca. 1,1 Tonnen CO₂ zuzurechnen, die in Form von Kohlenstoff gebunden und fixiert werden[19].

Noch deutlicher wird die negative CO₂ Bilanz des Gesamt-Projektes durch die Mitverarbeitung von Grüngut. Der in einer Tonne Holz enthaltene Kohlenstoff, in der Größenordnung von ca 450 kg wird infolge der Carbonisierung fixiert[20].

Vergleich:

Stoffeinsatz (jährlich)	Verbrennung CO ₂ Freisetzung	Carbonisierung CO ₂ Fixierung
325 t Klärschlamm	552,5 t/a	107 t/a
640 t Grüngut	1171,2 t/a	396 t/a
CO ₂ Freisetzung/a	1723,7 t/a	0
CO ₂ Fixierung	0	503 t/a

Das bedeutet pro Jahr:

- **Durch eine Mono-Verbrennung Freisetzung von 1715 Tonnen CO₂ in die Atmosphäre**

bzw.

- **Durch die Pyrolyse Reduktion von 503 Tonnen CO₂ aus der Atmosphäre**

6.6 Die Kläranlagen im Landkreis Hildesheim (Recherche Landkreis)

Nachstehend wurden die im Landkreis Hildesheim vorzufindenden Kläranlagen. In dieser Betrachtung wurde eine durchschnittliche Klärschlammmenge von 0,075 t Klärschlamm je Einwohner und Jahr mit einem Gehalt an Trockensubstanz (TS) von 25 %

(Mengen sind nach statistischen Angaben geschätzt)

Fehlende Klärschlammengen sind durch den Einsatz von Grüngut zu substituieren. Für die wirtschaftliche Auslastung einer Carbonisierungsanlage können Grünschnitt und andere pflanzliche Reststoffe in den Prozess eingebracht werden. Da hieraus die Erhöhung des Brennwertes des eingebrachten Gemisches resultiert, steht aus dem so erhaltenen Pyrolyseprozess eine größere Wärmemenge zur Verfügung. Im Rahmen eines ökologischen Ansatzes besteht somit die als Verpflichtung anzusehende Notwendigkeit vorhandene Wärmesenken zu bedienen, neue Wärmesenken zu schaffen (z.B. Lohn-trocknung), oder die überschüssige Wärme mittels ORC [22] Prozesse in elektrische Energie umzusetzen.

Recherche vom 30.04.2020

Menge Klärschlamm (25%TS) / Einwohner = 0,075 t/a

Gemeinde	Einwohner	Klärschlammmenge (t)/a	
		25 % TS	
Alfeld	18.535	1.390	Kommune
Algermissen	7918	594	Wasserverband Peine
Bad Salzdet.	13.832	1.037	Kommune
Bockenem	10861	815	Kommune
Diekholzen	6700	503	Kommune
Duingen	2943	221	Kommune
Elze	9238	693	Wasserverband Peine
Freden	3169	238	Wasserverband Peine
Giesen	9909	743	Kommune
Gronau	10736	805	Kommune
Harsum	11379	853	Kommune
Holle	7396	555	Wasserverband Peine
Lamspringe	3062	230	Kommune
Nordstemmen	12708	953	Kommune
Sarstedt	18591	1.394	Kommune
Schellerten	8439	633	Kommune
Sibbesse	2674	201	Kläranlage Östrum
Söhlde	8117	609	Wasserverband Peine

7 Projektbegleitende Forschung

7.1 Allgemeines

Um die Klärschlammverwertung mittels Pyrolyse und insbesondere die Verwertung der aus dem Prozess resultierenden Stoffe auf sichere fachliche und rechtliche Basis zu stellen ist es erforderlich die nationale und internationale Datenbasis zu erweitern.

Gerade das Spannungsfeld zwischen den unterschiedlichen Verfahren zur thermischen Verwertung von Klärschlämmen macht es erforderlich die verschiedensten Facetten eines jeden Verfahren zu untersuchen und die Erkenntnisse der jeweiligen Verfahren detailliert zu betrachten und zu erweitern.

Ein wichtiger Schritt im Rahmen der Klärschlammcarbonisierung stellt eine sinnvolle und phosphorlastige Verwertung der Carbonisate dar. Ist die Verwertung der Asche aus der Verbrennung hinreichend geklärt, so besteht für den Einsatz der Carbonisate noch Optimierungsbedarf.

Für eine sinnvolle Rückführung der Phosphate ist eine projektbegleitende Erforschung der Variation von Prozessparametern der Pyrolyse erforderlich. Andere, den Prozess beeinflussende Bedingungen sind auf ihre Möglichkeiten zu überprüfen, die Löslichkeit der

Phosphate, sowie die Beschaffenheit der entstehenden Klärschlammcarbonisat zu beeinflussen.

Die ersten Projekte in der Region sollen genutzt werden mit der Variation verschiedenster Parameter und prozessbegleitende Umstände sowohl den Anlagenbetrieb wie auch die qualitativen Ansprüche, die an einen Phosphordünger zu stellen sind, zu optimieren.

Aus diesem Grund soll im Rahmen weiterer Gespräche mit Ministerien und Fördereinrichtungen darauf hingewirkt werden, dass erste derartige Projekte mit den erforderlichen Fördermitteln ausgestattet werden. Die projektbezogene Begleitforschung soll sich neben Variationen des direkten Anlagenbetriebs auf die bodenbezogene Aufbereitung der entstehenden Produkte und den Betrieb der Kläranlage in bestimmten Bereichen beziehen.

Folgende Forschungsprogramme sind mit den Partnern aktuell diskutiert:

- Pyrolytische Verwertung von nicht stabilisiertem Klärschlamm
- Ermittlung und Verbesserung der Düngewirkung von Klärschlammcarbonisat
- Anwendungstechnische Möglichkeiten von Klärschlammcarbonisat im Gartenbau
- Bodensanierung von schwermetallbelasteten Böden mittels Klärschlammcarbonisat
- Verbesserung der Phosphatlöslichkeit in dem Klärschlammcarbonisat
- Verbesserung der Phosphatlöslichkeit durch Interaktionen zwischen der Pyrolyseeinheit und der Kläranlage
- Der Einsatz von Pflanzenkohle in Baustoffen
- Der Einsatz von Pflanzenkohle aus pflanzlichen Reststoffen in der Industrie

8 Prüfung der Fördermöglichkeiten

Das vorstehend beschriebene Modellprojekt leistet einen klaren Beitrag zum Klimaschutz.

Erste Gespräche mit möglichen Institutionen wurden bereits geführt. Es werden von den Verschiedensten Trägern von Fördermaßnahmen Projektskizzen gefordert, um die Förderfähigkeit beurteilen zu können. Zunächst jedoch wurde aufgrund einer kurzen mündlichen und schriftlichen Schilderung der Projektidee auf die Erstellung einer offiziellen Projektskizze verzichtet, da kurzfristig, bis zum Abschluss dieser Betrachtung, keine konkrete Aussage zu erwarten ist.

Länderübergreifend wies das „Service und Kompetenzzentrum kommunaler Klimaschutz“ (SK:KK), einer Einrichtung des Bundesumweltministerium, nach Anfrage auf verschiedene Förderprogramme hin und macht darauf aufmerksam, dass mit der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) das Bundesumweltministerium Klimaschutzprojekte in ganz Deutschland fördert und initiiert und damit einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der

nationalen Klimaschutzziele leistet. Neben den durch das BMU im Rahmen dieser Förderung möglichen Unterstützungen, wurde auf verschiedene weitere Möglichkeiten hingewiesen. Bei einer sich konkretisierenden Projektanbahnung kann auf diese Hinweise zurückgegriffen werden.

9 Zertifikathandel

Immer mehr rücken das Verständnis und die Einsicht in den Focus vieler Politiker, Institutionen und Wissenschaftler, dass es nicht ausreichend ist den CO₂ Ausstoß im Rahmen alltäglicher Prozesse zur Energiegewinnung, sowie der Mobilität zu reduzieren. CO₂ muss wieder in den Boden zurückgeführt, und über einen sehr langen Zeitraum fixiert werden. Dafür einen Anreiz zu schaffen hat bereits viele Initiativen ins Leben gerufen.

Das Pflanzen von Bäumen, die im Rahmen ihres Wachstums CO₂ aus der Atmosphäre entziehen und in Form von kohlenstoffhaltigen Verbindungen in der Pflanzenmasse einlagern, ist mit vielen Handlungsbeispielen eine führende Initiative. Zukünftig soll CO₂ der Umgebungsluft entzogen und unter hohem Druck in unterirdischen Lagerstätten gespeichert werden (Carbon Capture and Storage CCS).

Mit dem Einsatz von Pflanzenkohle in den verschiedensten Nutzungspfaden, rückte in den vergangenen Jahren immer mehr die Möglichkeit in den Vordergrund Kohlenstoff zu fixieren bevor dieser in Form von CO₂ wieder in die Atmosphäre emittiert wird. Mit steigendem Einsatz von Pflanzenkohle besteht damit eine Möglichkeit diverse Mengen an CO₂ dauerhaft zu fixieren. Das bedeutet, dass mit jeder Tonne hergestellter Pflanzenkohle der Atmosphäre CO₂ dauerhaft entzogen wird.

Seitens der Emissionshandelsstelle (DEHSt) des Umweltbundesamtes wurde auf Anfrage bereits 2018, eine negative Auskunft hinsichtlich der Generierung von CO₂ Zertifikaten durch die Fixierung von aus Pflanzen mittels Pyrolyse gewonnenen Kohle, erteilt.

Aktuell werden private Unternehmungen initiiert, die es sich zur Aufgabe machen diejenigen die große Mengen an CO₂ emittieren mit denjenigen zu vernetzen die, z.B. mithilfe des Einsatzes von Pflanzenkohle, CO₂ fixieren.

Es entstanden in der jüngsten Vergangenheit verschiedene Handelsplattformen deren Handelsgut aus CO₂ Zertifikaten besteht. Es handelt sich bei diesen Unternehmungen ausschließlich um private und nicht öffentliche Initiativen. Erste Gespräche haben ein großes Interesse an einer Zusammenarbeit mit zukünftigen Projektträgern ergeben.

10 Zusammenfassung der Untersuchung für die Entscheidungsträger

Zentrales Thema vieler Diskussionen mit einer Schnittstelle zum Klimaschutz, ist die Reduktion von klimaschädlichen Gasen in der Atmosphäre. Insbesondere sollen mit

vorstehenden Ausarbeitung Wege aufgezeigt und beschrieben werden, die eine Möglichkeit eröffnen CO₂ dauerhaft zu fixieren und so dem Kreislauf zu entziehen.

In der heutigen Zeit ist es von besonderer Bedeutung den Diskussionen rund um den Klimaschutz mit schlüssigen Konzepten entgegenzutreten und derartige Konzepte zu entwickeln, die im Ergebnis eine dauerhafte CO₂ Fixierung aufweisen. Auf dieser Grundlage wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit zwei Wege beschrieben, durch die gezielte Lenkung der „alltäglichen“ Stoffströme „Grüngut“ und „Klärschlamm“, einen Beitrag zur Decarbonisierung zu leisten.

1. Stoffstrom Klärschlamm
2. Stoffstrom Grünschnitt

10.1 Klimaschutz

Gezungen durch die gesetzlichen Vorgaben, die ein Umdenken in der Klärschlammverwertung erforderlich machen, kann die beschriebene Möglichkeit auf kommunaler Ebene genutzt werden, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Anders als bei der Verbrennung, die mit einer Freisetzung von CO₂ verbunden ist, wird infolge der Carbonisierung von Klärschlamm und anderen pflanzlichen Reststoffen CO₂ in Form von Kohlenstoff dauerhaft fixiert.

10.2 Die Anwendung der Carbonisate,- rechtlich

Ein hoher Gehalt an Phosphaten, sowie die positiven Auswirkungen auf den Boden bilden die Grundlage für die bodenbezogene Nutzung dieser Carbonisate. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Fakten zusammengetragen, die diesen bodenbezogenen Einsatz der Klärschlammcarbonisate beleuchten sollen. Dabei ist festzustellen, dass die Anwendung dieser Stoffe in der Landwirtschaft oder im Gartenbau mit den bestehenden Rechtsvorgaben in Einklang zu bringen ist. Weitere Anwendungsmöglichkeiten für diese Carbonisate werden im Rahmen aktueller Forschungsansätze geprüft.

10.3 Die Anwendung der Carbonisate,- bodenbezogen

Wissenschaftliche Untersuchungen konnten den Beweis dafür erbringen, dass einige Argumente für den großflächigen Einsatz der Carbonisate auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sprechen. Eine positive Beeinflussung des Humusgehaltes im Boden, die Phosphatversorgung, sowie die Möglichkeiten der mikrobiologischen Aktivierung der Böden, sind wichtige Grundlagen im bodenbezogenen Einsatz der Carbonisate. Ein weiteres Argument liefert die Unterstützung der durch intensiven Landbau stark beanspruchten Böden. Insbesondere ist es die spezifische Fähigkeit der Klärschlammkohle den Gehalt an Bodenfeuchtigkeit positiv zu beeinflussen und u.U. zu regulieren, was eine besonders hervorzuhebende Eigenschaft der Klärschlammcarbonisate darstellt.

Unter Beimischung von kommunalem Grüngut zum Pyrolyseprozess wird der Kohlenstoffgehalt erhöht, die CO₂ Senke effizienter gestaltet und ein Beitrag zur Verwertung von kommunalem Grünschnitt geleistet. Gleichzeitig kann eine Menge an thermischer Energie ausgekoppelt und zur Stromerzeugung genutzt werden.

10.4 Die erreichbaren Ziele

Infolge der zu beantragenden Fördermittel besteht die Möglichkeit für Kommunen, ein Projekt zur Klärschlammcarbonisierung als Gesellschafter in einem Firmenverbund mit zu betreiben und so am Ergebnis dieser Unternehmung partizipieren.

Erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zeigen, dass der Betrieb derartiger Anlagen, Investment von ca. 1,2 Mio Euro, höchst wirtschaftlich betrieben werden können und Gewinne zu erwirtschaften sind.

Es können durch den Betrieb der Pyrolyseanlage im eigenen Umfeld somit folgende Ziele erreicht werden:

1. Beitrag zur Einhaltung der regionalen Klimaschutzziele 2030/2050
2. Lösungen zur Problematik der Klärschlambeseitigung
3. Stabilisierung der Abwassergebühren für die Kommunen für Jahre
4. Dezentrale Lösungen im Vorzug zu zentralen Lösungen
5. Betrieb der Anlagen durch die Kommunen selbst, im Gegensatz zur Auftragsent-sorgung und den damit verbundenen, in der Zukunft kaum kalkulierbaren Kosten.

Hameln/Wolfenbüttel im August 2020