

HAWK

Fakultät

Ressourcenmanagement

Göttingen

Verfahren zur Klärschlamm- und Gärrestbehandlung
Kirsten Loewe, HAWK Göttingen, Fakultät Ressourcenmanagement

10. April 2018

Fachgebiet Nachhaltige Energie- und Umwelttechnik NEUTec

Angewandte Forschung und Entwicklung

- Abfallwirtschaft und Umwelttechnik
- Energie- und Verfahrenstechnik
- Biogastechnologien
- Feste Biobrennstoffe
- Bioökonomie
- Dezentrale Energieversorgungskonzepte
- Klima- und Ressourcenschutz
- Ökobilanzierung
- Simulation von Nah- und Fernwärmenetzen



1. Einleitung
2. Klärschlammbehandlung
3. Gärrestbehandlung
4. Szenarien der Gärrestaufbereitung
5. HTC
6. Zusammenfassung

Einleitung

Klärschlämme und Gärreste sind organische Reststoffe, die regional sehr unterschiedlich in der Landwirtschaft eingesetzt werden können

Die Landwirtschaftliche Ausbringung ist in unterschiedlichen Rechtsnormen geregelt (z. B. Abfallklärverordnung (AbfklärV), Klärschlamm (VO), Bioabfallverordnung (BioAbfV), Düngegesetz (DüngG), Düngemittelverordnung (DüMV), Düngeverordnung (DüV))

Betreiber suchen nach verlässlichen und wirtschaftlichen Verwertungs- bzw. Entsorgungsoptionen

Nach Gesetzesnovellierungen (der ist die Ausbringung organischer Reststoffe weiter erschwert, so dass mehr und mehr über die Aufbereitung von Gärresten und Klärschlämmen nachgedacht, um entweder die Transportwürdigkeit zu erhöhen, gezielt Dünger herzustellen, und/oder Nährstoffe stark zu konzentrieren.

Klärschlamm - Begrifflichkeiten

„**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.“ (AbfKlärV 2017)

Definitionen Klärschlämme

„Im weiteren Verlauf ihrer Beschaffenheit werden Klärschlämme nach ihrer Beschaffenheit oder Betriebszustand benannt. Neben denen in der Abb. Dargestellten Begriffen gibt es auch noch andere, von denen die wichtigsten an dieser Stelle ebenfalls erläutert werden.

Rohschlamm, auch Frischschlamm, ist der Sammelbegriff für alle unbehandelten Schlämme aus der Abwasserreinigung.

Wird der Rohschlamm durch Belüftung aerob stabilisiert, handelt es sich anschließend um aerob stabilisierten Schlamm. Demgegenüber ist der Faulschlamm ausgefauter also unter Abwesenheit von Luftsauerstoff in einem Faulbehälter anaerob stabilisierter Schlamm, der ohne weiteres Zutun nicht mehr geruchsbildend weiterfault. Gut ausgefauter Faulschlamm riecht erdig und ist schwarz.

Nassschlamm ist der aus einer anaeroben oder aeroben Stabilisierung abgezogene Schlamm bevor er weiter behandelt wird. Durch Eindickung wird ein pump- und fließfähiger Dünnschlamm (eingedickter Schlamm) erhalten, durch Entwässerung entsteht Dickschlamm (entwässerter Schlamm), der i. A. stichfest, noch plastisch, breiartig und schmierend ist. Als Trockengut wird Schlamm bezeichnet, nachdem er maschinell oder thermisch so behandelt wurde, dass er krümelig bis streufähig ist.“

Grundoperationen der Klärschlammbehandlung

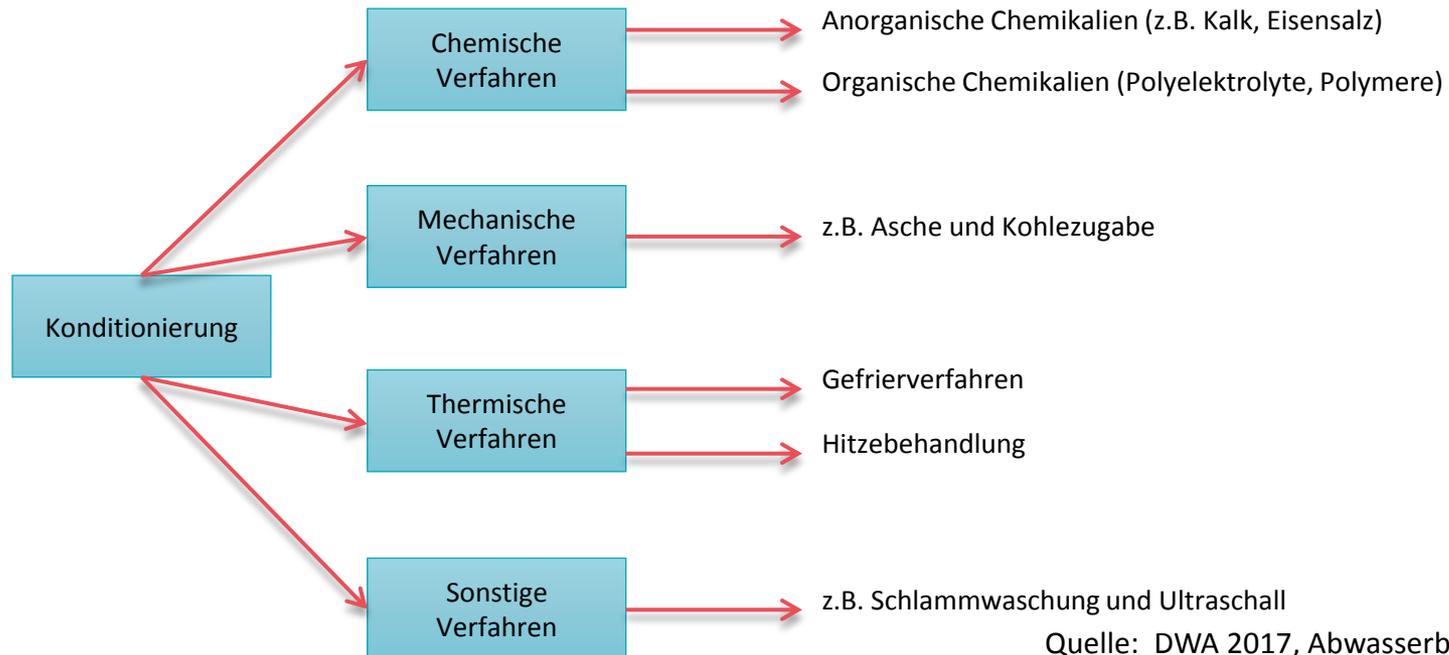
Grundoperation	Ziel/Aufgabe	Beispiele für mögliche Verfahrenstechnologien
Wasserabtrennung	Volumen und Massenreduzierung	Eindicken Entwässern Trocknen
Stabilisieren	Teilweiser Abbau organischer Inhaltsstoffe (Geruchspotential minimieren)	Biologisch aerob (Kompostierung) Biologisch anaerob (Faulung)
Hygienisieren/ Entseuchen	Keime abtöten bzw. verringern	Hitzeeinwirkung pH-Wert-Verschiebung ionisierte Bestrahlung
Mineralisieren/ Inertisieren	Vollständiger Abbau organischer Inhaltsstoffe	Verbrennen Ver- und Entgasung Nassoxidation

Wasserabtrennung

Grad der notwendigen Wasserabtrennung ist von Entsorgungsoption abhängig:

Landwirtschaft:	Trockenrückstand von 3 % bis 30 %
Landschaftsbau:	streufähiges Produkt mit 70 % Trockenrückstand
Thermische Entsorgung:	35 bis 95 % Trockenrückstand
Deponierung nach MBA:	Kompostierung TR= 45 % Faulung zur Minderung des Transportaufwands TR = 20 bis 25 %

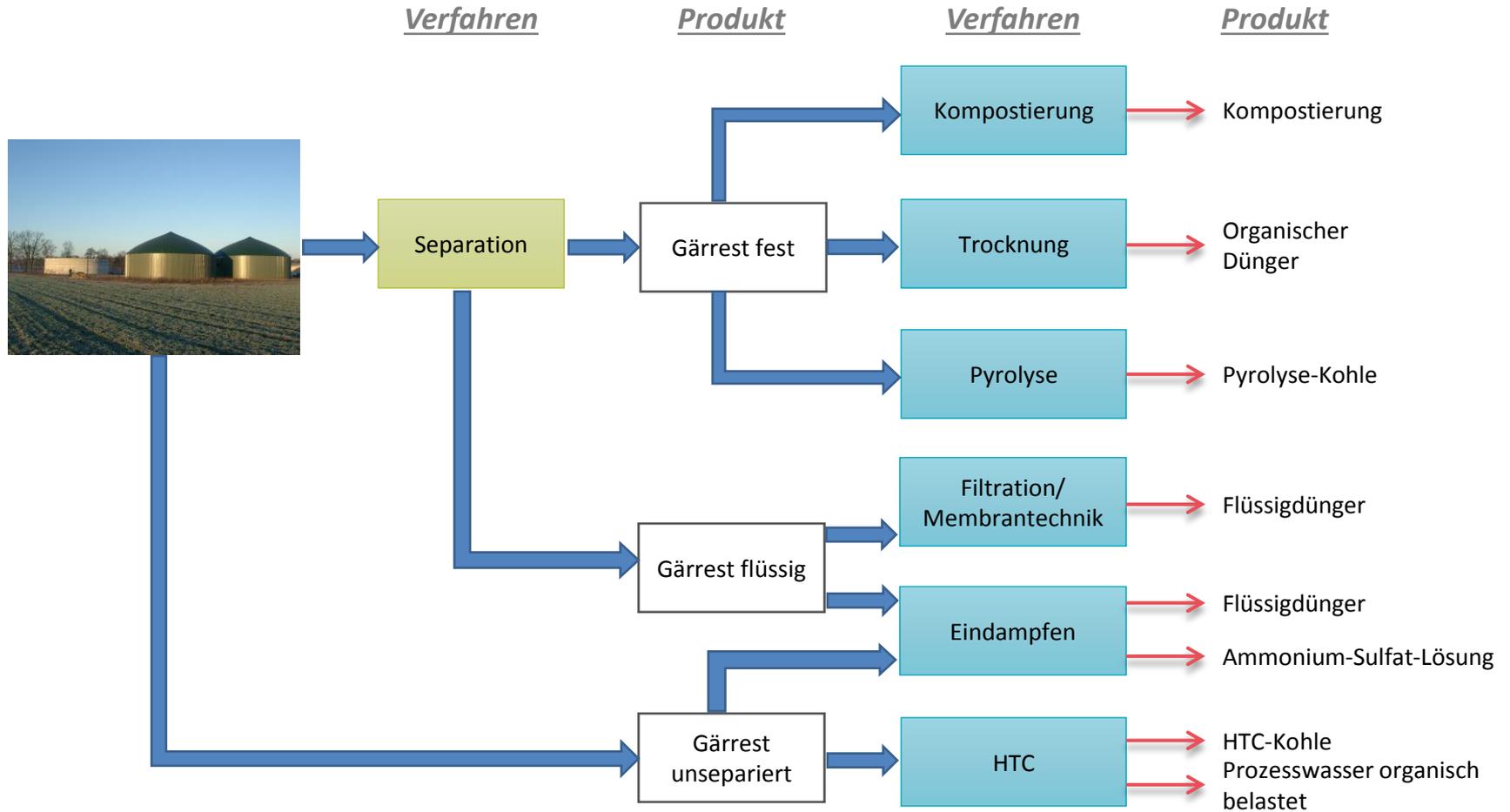
Zur Verbesserung der Entwässerbarkeit werden Konditionierungsverfahren eingesetzt:



Gärrest - Begriffsdefinition

„Bei der Produktion von Biogas fällt ... **Biogasgärrest** an. Dieser wird auf landwirtschaftliche Flächen zur Nährstoffversorgung der Kulturen ähnlich des Wirtschaftsdüngers Gülle ausgebracht. Sind die Gärreste aus der Vergärung von pflanzlichen Materialien aus landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben (auch gemischt mit tierischen Ausscheidungen) entstanden, werden sie als Wirtschaftsdünger betrachtet. Werden andere Stoffe (z. B. Bioabfälle) mitvergoren, handelt es sich nach der Düngemittelverordnung um organische Düngemittel, die auch der Bioabfallverordnung unterliegen. Durch den Gärprozess entstehen qualitative und quantitative Veränderungen, die eine angepasste fach und umweltgerechte Ausbringung erfordern.“(Wendland 2012)

Verfahren zur Aufbereitung von Gärprodukten



Trocknung von Gärresten

Modellanlage 500 kW el		
Substrateinsatz	20 % Gülle	
	Einheit	80 % NaWaRo
Rindergülle	t FM/a	2.200
Getreide-GPS	t FM/a	1.100
Grassilage	t FM/a	1.100
Maissilage	t FM/a	6.500

Technische und verfahrenstechnische Daten	Modellanlage 500 kW el	
	Substrateinsatz	20 % Gülle
	Einheit	80 % NaWaRo
Elektrische Leistung	kW	500
Elektrischer Wirkungsgrad	%	40,1
Therm. Wirkungsgrad	%	43,2
Brutte Fermentervolumen	m ³	3.800
TM-Gehalt der Substrat-Mischung	%	28,1
Mittlere hydraulische Verweilzeit (HRT)	d	89
Gesamt-Faulraumbelastung (BR)	kg oTM/(m ³ ·d]	2,5
Brutto-Gärrückstandslagervolumen	m ³	4.800
Biogasertrag	m ³ N/a	1.906.358
Methanertrag	%	52,3
Eingespeiste Strommenge	kWh/a	3.945.828
Erzeugte Wärmemenge	kWh/a	4.294.552

FNR 2016, Leitfaden Biogas

Ca. 8000 t Wasser

2.500 t Wasser können verdampft werden

Verfahren mit 1,5 kWh Wärmebedarf für das Verdampfen von 1 L Wasser (weniger möglich)

Separierung der Gärrest und Trocknung des Feststoffs

Vorteile:

- Zum Teil KWK-fähig
- Marktfähiges Verfahren

Nachteile:

- Geringe Volumenreduzierung
- Zwei Aufbereitungsschritte,
- Unbehandelte Flüssigphase
- Kaum Konzentrationsverschiebung des Stickstoffs
- Phosphor-Verschiebung verfahrensabhängig
- Wärmeverbrauch bei Trocknung vergleichsweise hoch, meist zu starke Trocknung – Staubentwicklung
- Invest > 50.000 € plus 1.000 € je kW Trocknerleistung

Gärprodukt-Eindickung

Der Wärmeüberschuss wird verwendet um die Gärreste weiter einzudicken, der Gärrest bleibt pumpfähig. Stickstoff aus Wasserdampf wird mittels Schwefelsäure gebunden (→ ASL)

Vorteile:

- Hohe Wärmeeffizienz durch ständiges Mischen
- Stickstoff wird in ASL überführt und kann zur Düngung verwendet werden
- Relativ wartungsarme Technik
- Nutzung der gesamten Überschusswärme

Nachteile:

- Geeignete Ausbringtechnik notwendig
- Ausbringung von dickflüssigem Brei ist herausfordernd
- 1.000 € je kW Trocknerleistung

Gärrest-Vakuumeindampfung

Durch Wärmerückgewinnung sehr energieeffizienter Ansatz, 15 % separierte Feststoffe, 60 % Destillat, 3 % ASL, 25 % konzentrierter Dickschlamm

Vorteile:

- Hohe Wärmeeffizienz bis 0,3 kWh pro L verdampfter Flüssigkeit
- Bis 70 % Reduzierung des Ausgangsprodukts
- Gezielter Einsatz als Dünger möglich
- Starke Reduzierung des Lagervolumens

Nachteile:

- Hoher Betreuungsaufwand
- Hoher Invest mit 1.800 € je kW Trocknerleistung
- Drei Endprodukte

Membranverfahren

Vorteile:

- Erzeugung eines gut verwertbaren Flüssigdüngers
- Vollaufbereitung mit einleitfähigem Wasser

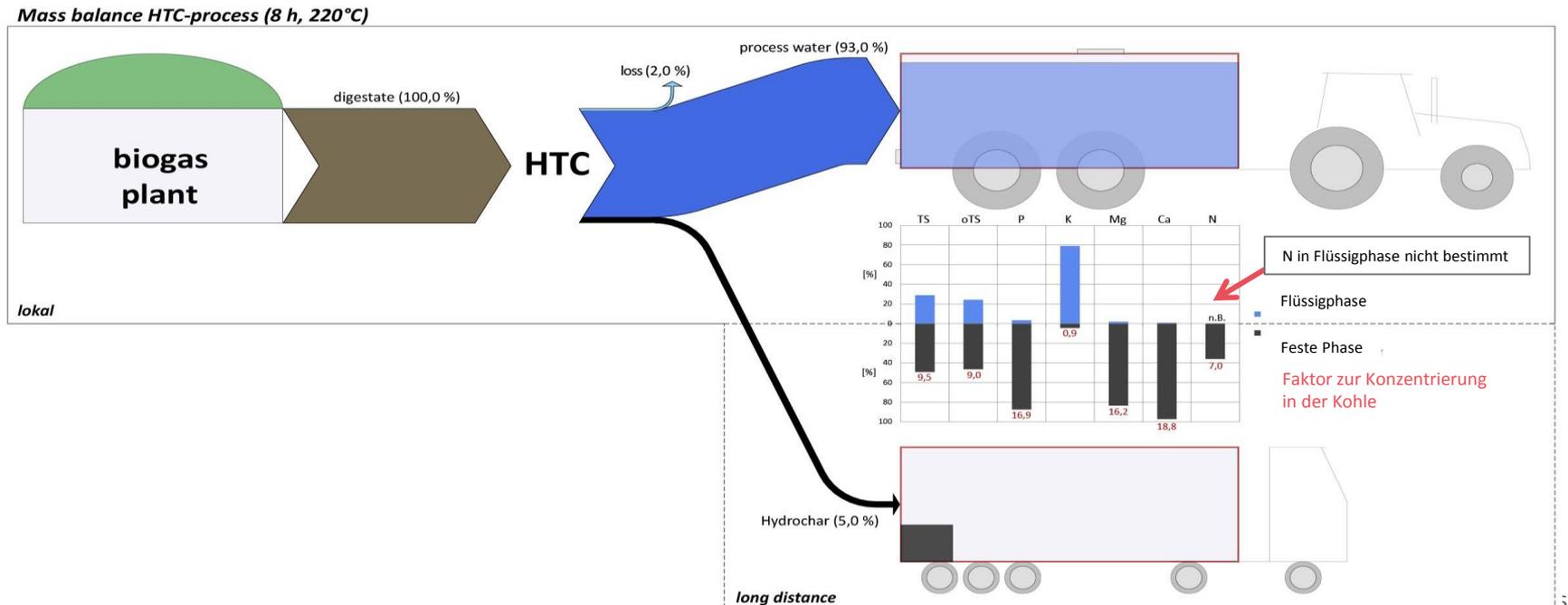
Nachteile:

- Hohe Kosten für Anlage und Module
- Relativ hoher Aufwand für Vorbehandlung um die Gefahr des Verblockens der Membran zu reduzieren

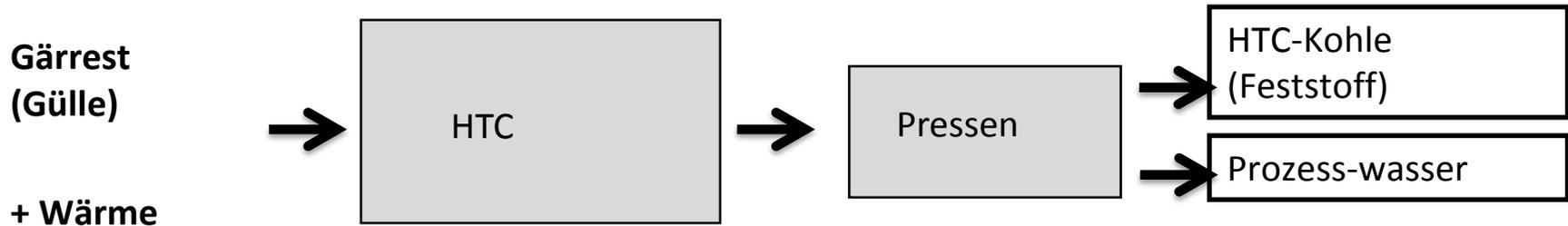
Exemplarisch: Szenarien der Gärrestaufbereitung V

HTC

Bei diesen Verfahren wird unter hohem Druck und hoher Temperatur eine in Prozesswasser suspendierte Kohle erzeugt. Das Verfahren ist sehr kostenintensiv. Zum Teil wird dieses Verfahren bei kommunalen Biogasanlage realisiert, wenn keine Flächen für die Ausbringung der Gärreste zur Verfügung stehen.



Aufkonzentrierung der Nährstoffe durch HTC



- im Feststoff nach HTC: bis fast 90 % des P, bis ca. 36 % des N
- andere Verfahren:
 - Separation, P kaum in Feststoff
 - Zentrifugation: P z. T. in Feststoff, technisch aufwendig
- P kann entscheidender sein als N

Exemplarisch: Szenarien der Gärrestaufbereitung V

- **Batch-Versuche 500 ml**
(mit Universität Oldenburg)
- **Feststoff durch Pressen nach HTC**
- **4 Versuchsvarianten:**
 - 2 h, 180 ° C
 - 2 h, 220 ° C
 - 8 h 180 ° C
 - 8 h, 220 ° C
- **10 Parameter am Feststoff:**
 - TS, oTS
 - Elemente C, H, N, S, P, K, Mg, Ca

Variante	0	1	2	3	4
	Input	2 h, 180 ° C	8 h, 180 ° C	2 h, 220 ° C	8 h, 220 ° C
%	100	43,66	13,57	19,42	5,17
TS	6,10	4,47	3,49	3,61	3,01
% Input	100,00	73,31	57,14	59,12	49,31
AKF	1,0	1,7	4,2	3,0	9,5
% TS in der Fraktion	6,1	10,2	25,7	18,6	58,2
oTS	4,62	3,46	2,58	2,69	2,15
% Input	100,00	74,87	55,76	58,25	46,52
AKF	1,0	1,7	4,1	3,0	9,0
C	2,585	1,888	1,563	1,531	1,386
% Input	100,00	73,03	60,45	59,24	53,62
AKF	1,0	1,7	4,5	3,1	10,4
H	0,330	0,249	0,185	0,190	0,151
% Input	100,00	75,41	55,97	57,72	45,74
AKF	1,0	1,7	4,1	3,0	8,8
N	0,208	0,140	0,083	0,099	0,075
% Input	100,00	67,38	39,72	47,31	35,99
AKF	1,0	1,5	2,9	2,4	7,0
S	0,0281	0,0183	0,0146	0,0144	0,0135
% Input	100,00	65,34	52,17	51,41	48,24
AKF	1,0	1,5	3,8	2,6	9,3
P	0,2062	0,1647	0,1576	0,1824	0,1804
% Input	100,00	79,86	76,45	88,48	87,52
AKF	1,0	1,8	5,6	4,6	16,9
K	0,3569	0,2316	0,0523	0,0815	0,0159
% Input	100,00	64,91	14,65	22,84	4,47
AKF	1,0	1,5	1,1	1,2	0,9
Mg	0,0458	0,0358	0,0331	0,0473	0,0382
% Input	100,00	78,20	72,38	103,42	83,50
AKF	1,0	1,8	5,3	5,3	16,2
Ca	0,1068	0,0760	0,1011	0,0981	0,1038
% Input	100,00	71,22	94,69	91,89	97,21
AKF	1,0	1,6	7,0	4,7	18,8

Aufkonzentrierung der Nährstoffe durch HTC

Energiebilanz:

Mehr als 76 % des Gärrests kann mit der Überschusswärme der Biogasanlage karbonisiert werden.

Behandlung des Prozesswassers:

- Vergärung des Prozesswassers zeigte unterschiedliche Resultate; einige Wässer ließen sich gut vergären, andere nicht
- In einem Fall ließen sich aus dem Prozesswasser der Karbonisierung der Feststoffphase von Gärresten nur etwa 10 % des berechneten Gasertrags erzielen
→ Weitere Untersuchungen sind nötig

Fazit HTC

- Nährstoffe aus Gärresten können durch Hydrothermale Carbonisierung in der Kohle aufkonzentriert werden. Dies kann einen wirtschaftlichen Transport über längere Entfernungen ermöglichen.
- HTC kann in eine bestehende Biogasanlage integriert werden und einen Großteil der Gärreste carbonisieren.
- Die Vergärung der Prozesswässer hat unterschiedliche Resultate gezeigt.
- Es müssen (weitere) Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden.

- Die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Verfahren ist in hohem Maße von den Rahmenbedingungen abhängig
- Vor dem Hintergrund des Ausbaus der Lagerkapazität der Gärreste wird die Reduzierung des Gärrestvolumens eine zunehmende Rolle spielen
- Ein wichtiger Aspekt der Gärrest- und Klärschlammwässerung ist der Einsatz der richtigen Konditionierungstechnologie

Danke

HAWK

Kirsten Loewe, Tel.: 0551 5032 260, E-Mail: kirsten.loewe@hawk-hhg.de

Fakultät Ressourcenmanagement

Faculty of Resource Management

Fachgebiet NEUTec

Rudolf-Diesel-Str. 12

37075 Göttingen

Germany