

## Konzeption

zur

**thermischen Entsorgung von Klärschlamm**

mittels

**ESS - Stationärer Wirbelschichtfeuerung**



Rostock, im Januar 2009

## INHALT

1. Einleitung
2. Verfahrensbeschreibung
3. Anlagenkonfiguration
4. Beschreibung der eingesetzten Brennstoffe
5. Technische Parameter der Anlage
6. Emissionen / Rückstände
7. Flächenbedarf
8. Betriebswirtschaftliche Eckdaten
  - 8.1 Investitionen
  - 8.2 Betriebskosten
9. Abschließende Bewertung

## 1. Einleitung

Mit den zu erwarteten Änderungen im Zusammenhang mit der Novellierung der Klärschlammverordnung in Deutschland gehört, dass die landwirtschaftliche Ausbringung von Klärschlamm deutlich reduziert werden wird. Darüber hinaus ist in großen Kommunen die dort anfallende Menge auf Grund der vorliegenden Gegebenheiten oft überhaupt nicht landwirtschaftlich zu nutzen.

Bisher wurde die emissionsseitig grundsätzlich besser geeignete Wirbelschichtfeuerung nicht betrachtet, weil diese, für die in Betracht kommenden Anlagengrößen, als spezifisch zu teuer eingeschätzt wurde. Erst mit der Weiterentwicklung hin zu Wirbelschicht- Anlagen kleinerer Leistung (SWSF) durch Prof. Dr.-Ing. habil. D. Steinbrecht an der Universität Rostock konnten sowohl Umweltaspekte als günstige Kosten vereint werden.

Mit dem hier eingesetzten Wirbelschichtverfahren lassen sich grundsätzlich drei verschiedenen Konzepte realisieren:

- < 1. energieautarke Trocknung und SWSF – Verbrennung
- < 2. solare Trocknung und SWSF Verbrennung
- < 3. SWSF – von Klärschlamm und Rechengut + EBS

Das hier vorgestellte 3. Konzept soll die Fähigkeit des Verfahrens nutzen, mehrere, stark unterschiedliche, Brennstoffe gleichzeitig verbrennen zu können. So sollen/ können hier neben dem Klärschlamm auch Rechengut und z.B. Ersatzbrennstoffe (EBS) verbrannt werden.

## 2. Verfahrensbeschreibungen

### 2.1. Gesamtanlage – Konzept 1

Die Gesamtanlage besteht aus einem oder mehreren Trocknern von ROSOMA und einer oder mehreren SWSF und den davor angeordneten Brennstoffpufferlagern, deren Größe einen Vorrat von ca. 10 Tagen fassen sollte. Diese Pufferung entfällt, wenn sie durch andere Maßnahmen sichergestellt ist.

Nach der SWSF wird der Abhitzekeessel für die Thermalölerhitzung der Trockner angeordnet. Wenn es sich um sehr hoch ausgefaulten Schlamm (< ca. 50% GV) handelt, so ist eine selbstgängige Trocknung und Verbrennung nur dann möglich, wenn ein Zusatzbrennstoff wie z.B. Rechengut in definierter Menge eingesetzt wird.

Das Öl hat nach dem Trockner immer noch thermische Energie ebenso wie die Brüden aus der Trocknung. Diese Energieströme können einerseits zur Luftvorwärmung für die Verbrennung und andererseits in der Kläranlage genutzt werden.

Ob noch ausreichend Energie aus den Rauchgasen für eine Stromerzeugung vorhanden ist und ob diese auch wirtschaftlich betrieben werden kann, bleibt der Einzelfalluntersuchung vorbehalten.

Weil es sich hier um Abfallverbrennung handelt gelten die Bedingungen der 17.BImSchV. Deshalb wird eine, genau auf den hier anfallenden Abgasstrom ausgelegte, Rauchgasreinigungsanlage installiert.

Die aus der Verbrennung zurückbleibende Asche wird auf die Deponie verbracht, im Straßenbau oder zur Phosphorrückgewinnung verwendet.

## 2.2. Gesamtanlage Konzept 2

Die Gesamtanlage besteht aus der Anlage zur solaren Trocknung des Klärschlammes und der Verbrennung des so getrockneten Schlammes in einer SWSF.

In Abhängigkeit der Anlagengröße ist der Erzeugung von Strom möglich und die Nutzung der (Niedertemperatur) -Wärme nach der Turbine.

Nach dem Abhitzekeessel wird der darin erzeugte Dampf auf eine Turbine/ Dampfmotor geleitet und es wird Strom erzeugt. Nach der auf maximale Stromerzeugung ausgelegten Arbeitmaschine steht der Abdampf mit einer Temperatur von ca. 50°C als Energieträger weiter zur Verfügung und sollte nach einem Wärmeübertrager für weitere Prozesse auf dem Grundstück genutzt werden.

Die Unterstützung der solaren Trocknungsanlage durch Wärme aus dem Dampfkraftprozess kann eine ökonomisch attraktive Option sein.

Weil es sich hier um Abfallverbrennung handelt gelten die Bedingungen der 17.BImSchV. Deshalb wird eine, genau auf den hier anfallenden Abgasstrom ausgelegte, Rauchgasreinigungsanlage installiert.

Die aus der Verbrennung zurückbleibende Asche wird auf die Deponie verbracht oder auch im Straßenbau verwendet. Kostenseitig wurde eine Deponieentsorgung vorgesehen.

## 2.3. Gesamtanlage – Konzept 3

Die Gesamtanlage besteht aus der SWSF und den davor angeordneten Brennstoffpufferlagern, deren Größe einen Vorrat von ca. 10 Tagen fassen sollte. Diese Pufferung entfällt, wenn sie durch andere Maßnahmen sichergestellt ist.

Nach der SWSF wird der Abhitzekessel angeordnet.

Nach dem Abhitzekessel wird der darin erzeugte Dampf auf eine Turbine/ einen Dampfmotor geleitet und es wird Strom erzeugt. Nach der auf maximale Stromerzeugung ausgelegten Arbeitmaschine steht der Abdampf mit einer Temperatur von ca. 50°C als Energieträger weiter zur Verfügung und sollte nach einem Wärmeübertrager für weitere Prozesse auf dem Grundstück genutzt werden.

Weil es sich hier um Abfallverbrennung handelt gelten die Bedingungen der 17.BImSchV. Deshalb wird eine, genau auf den hier anfallenden Abgasstrom ausgelegte, Rauchgasreinigungsanlage installiert.

Die aus der Verbrennung zurückbleibende Asche wird auf die Deponie verbracht oder auch im Straßenbau verwendet. Kostenseitig wurde eine Deponieentsorgung vorgesehen.

Für dieses Konzept wurden bereits umfangreiche Untersuchungen am Lehrstuhl Umwelttechnik bezüglich effektiver Prozessführung und Emissionen durchgeführt.

### 2.3. Verbrennungsanlage SWSF

Das hier eingesetzte Verfahren wird dieses im Folgenden näher beschrieben. Die hier zum Einsatz gelangende Stationäre Wirbelschichtfeuerung ist seit den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts bekannt und wird gerade in den letzten Jahrzehnten weltweit in zunehmendem Maße eingesetzt.

Insbesondere für die energetische Nutzung von Materialien mit geringerem Heizwert wie Braunkohle und Ölschiefer, aber auch für Abfälle und für Klärschlamm kommt dieses Verfahren zum Einsatz. Derzeit arbeiten weltweit mehr als 300 Anlagen nach diesem Verfahrensprinzip.

Es gibt jedoch bei diesen Anlagen sehr wenige, die in dem Leistungsbereich unter ca. 40 MW Feuerungswärmeleistung arbeiten. Das wiederum ist in dem speziellen Verfahren der zirkulierenden Wirbelschicht begründet, mit dem diese Anlagen betrieben werden. Die dafür verwendeten Technologien sind so konzipiert, dass nur mit sehr großen Anlagen günstige spezifische Kosten erreicht werden können.

Das verhält sich grundsätzlich anders bei dem an der Universität Rostock weiterentwickelten Verfahren der Stationären Wirbelschichtfeuerungsanlagen. Dieses wurde zielgerichtet auf die Einsetzbarkeit für kleine und kleinste Anlagen hin entwickelt. Der hierfür in Frage kommende Leistungsbereich liegt zwischen ca. 200 kW und ca. 30 000 kW Feuerungswärmeleistung.

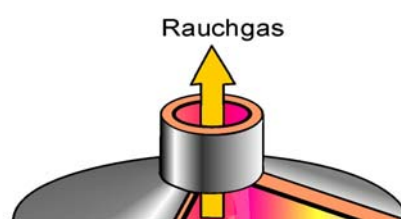
Nach mehr als zehnjährigen Versuchen an der Universität Rostock sind seit Mitte 2004 solche Anlagen erfolgreich im Einsatz bzw. im Dauereinsatz. Umfangreiche Versuche mit verschiedenen Abfallstoffen liefern die wissenschaftlichen Grundlagen, der mehrjährige Dauereinsatz unserer Technologie liefert die konkreten Betriebserfahrungen und jahrzehntelangen Erfahrungen beim Bau von Wirbelschichtanlagen geben Betriebssicherheit.

Die Schicht aus inertem Bettmaterial ( z.B. Sand ) wird von einem Wirbelluftstrom von unten nach oben durchströmt. Übersteigt die Strömungsgeschwindigkeit die Fluidisierungsgeschwindigkeit, so geht die ursprünglich vorhandene Sandschüttung in einen flüssigkeits-ähnlichen (fluidisierten) Zustand mit exzellenten Bedingungen für chemische Reaktionen über. In die bei hoher Temperatur vorliegende fluidisierte Schicht können Abfallstoffe (fest, pastös, flüssig, gasförmig) eingetragen und qualifiziert thermisch behandelt werden.

### Stationäre Wirbelschicht

ES+

An  
UST-





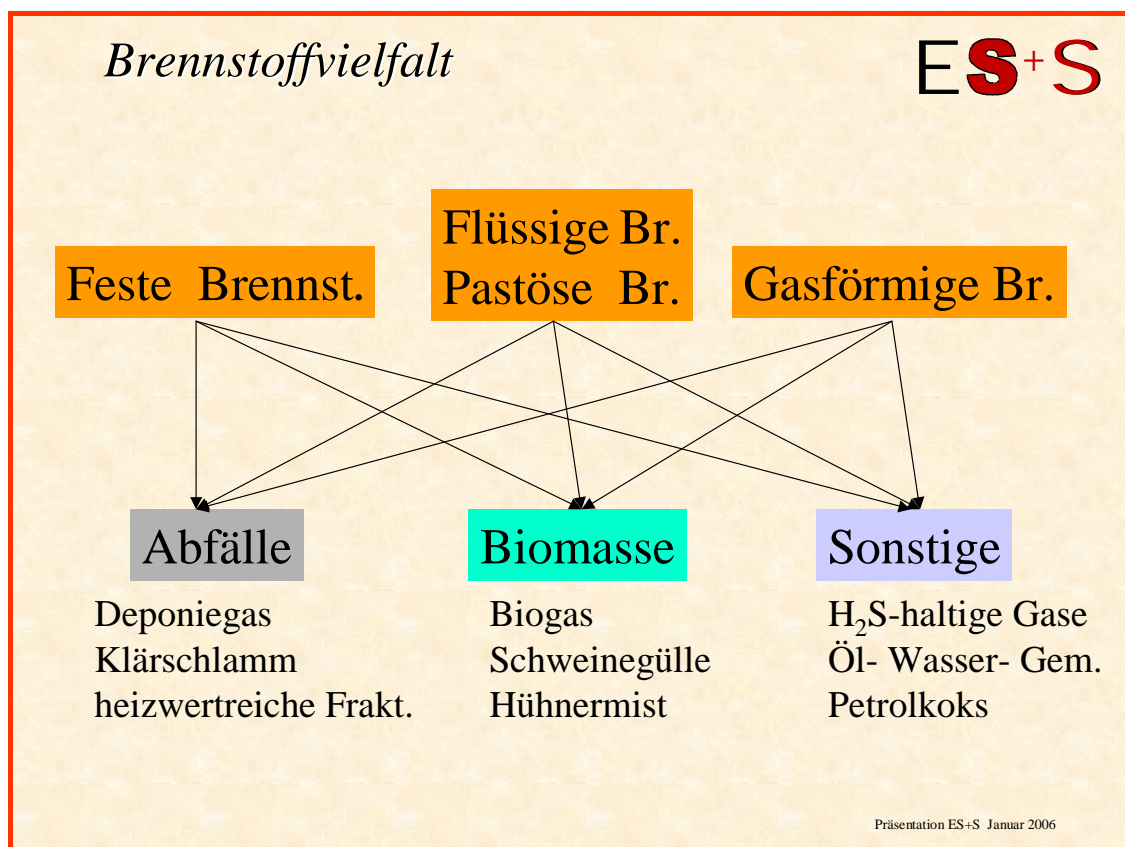
Energy Systems & Solutions GmbH

Durch eine spezielle Software werden die relevanten Prozessparameter in ohne großen Toleranzen angesteuert und garantieren so die oben für diese Technologie genannten Vorteile. Dadurch ist der -nur in unserem Verfahren typische- flammenlose Prozess zu erreichen. Diese hat wiederum den positiven Effekt, dass die Prozesstemperatur sehr konstant geführt werden kann.

Das ermöglicht eine exakte Prozessführung sowohl hinsichtlich der energetischen Nutzung ( hoher Wirkungsgrad ) als auch der Minimierung der Emissionen für CO ( = hohe Behandlungsqualität ).

Die dabei ausgenutzte überlange Verweildauer der Abfall-Stoffpartikel im Prozess-Raum eröffnet weiterhin die Möglichkeit, unter Zugabe von Additiven auch Abfallstoffe mit emissionsrelevanten Bestandteilen (z.B. Schwefel) umweltgerecht thermisch behandeln zu können. Die Additive „neutralisieren“ die bei dem thermischen Prozess behandelten schädlichen Komponenten und die damit entstehenden Produkte. Als weiterer wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens ist die Möglichkeit zu sehen, dass mit derselben Anlage in Abhängigkeit vom Wasseranteil ein breiter Heizwertbereich von Abfallstoffen zuverlässig genutzt werden kann.

Damit eröffnet sich für den Anlagenbetreiber ein weites Feld möglicher Brennstoffe und das erweitert so seine langfristigen betriebswirtschaftlichen Perspektiven beträchtlich! Das wird in folgender Darstellung verdeutlicht.



### 3. Anlagenkonfiguration

wird standortabhängig erarbeitet

### 4. Beschreibung der einzusetzenden Brennstoffe

#### 4.1. Klärschlamm

Die verbrennungstechnisch relevanten Eigenschaften des Klärschlammes variieren nach Standort und vorgeschalteten Schlammbehandlungsstufen. Die folgenden Werte repräsentieren den Durchschnitt (mögliche Variation) kommunaler Klärschlämme.

Heizwert, $H_u$ =	11 000 kJ/kg der TS (9 000...15 000 kJ/kg TS)
Glühverlust, $GV$ =	60 % (45... 73 %) der TS
Ascheanteil, $a$ =	40 % (27... 55 %) der TS
Wasseranteil nach Schlammentwässerung, $w$ =	77% (68...83 %) der FS

(TS: Trockensubstanz; FS: Frischsubstanz)

#### 4.2. Rechengut

< Heizwert	-	16 .... 22 000 kJ / kg (TS)
< Wasseranteil	-	20..... 35 %

#### 4.3. Ersatzbrennstoff (EBS)

EBS steht derzeit auf dem Markt (noch) mehr zur Verfügung als benötigt wird.

Deshalb wird ein Preis durch den Lieferanten gezahlt.

Eine langfristige Bindung des Brennstoffs scheint möglich.

Heizwert,  $H_u$  = 14 500 kJ/kg  
(9 000... 16.000 kJ/kg)

Wasseranteil,  $w$  = 18 % (9... 25 %) der TS

Die erforderlichen Mengen sind abhängig vom Gesamtkonzept.

#### 5. Technische Eckdaten der Gesamtanlagen

Die Anlage wird nach den Brennstoffwerten ausgelegt und betrieben über

- 8 000 Betriebsstunden im Jahr.

Die wichtigsten Parameter der Gesamtanlagen werden für den konkreten Einzelfall ermittelt:

- Feuerungswärmeleistung
- Eigenverbrauch an Strom
- Verbrennungstemperatur : > 850 °C
- Brennstoffmengen, -preise
- Personaleinsatz
- Investitionen
- spezifische Kosten

## 6. Emissionen / Rückstände

Grundsätzlichen gehen wir davon aus, dass alle in Frage kommenden Emissionsgrenzwerte betrachtet und eingehalten werden.

Im Einzelnen:

### **Lärm**

Da alle relevanten Anlagenkomponenten wie Abfallstoff-Annahme, SWSF, Rauchgasreinigung deutlich unterhalb der zulässigen Grenzwerte arbeiten, kann von einem zulässigen Anlagenbetrieb ausgegangen werden.

### **Rauchgase**

Für die Kraftwerksanlage ist eine Rauchgasreinigung vorgesehen, die dem modernsten Standard entsprechen wird. Da Klärschlamm und Rechengut bezüglich des thermischen Prozesses wie Abfall behandelt werden müssen, wird auch die Rauchgasreinigung diesen Anforderungen genügen. Die langjährigen Erfahrungen der als Zulieferer in Frage kommenden Hersteller der Rauchgasreinigung bieten dafür Gewähr.

### **Asche**

Die aus dieser Monoverbrennung entstehenden Klärschlammmaschen sind z.B. mit dem ASHDEC – Verfahren zur Herstellung von Phosphordüngern sehr gut geeignet. Mit der Firma ASHDEC arbeiten wir zusammen.

## 7. Grundstücksanforderungen, Flächenbedarf

Die Bedingungen für die Abfallverbrennung führen zwangsläufig zur Notwendigkeiten, die eine uneingeschränkte Industriebebauung für diese Verbrennungsanlagen erfordern.

Für die Gesamtanlagen gehen wir von einem größenabhängigen Flächenbedarf aus von

von 1500 m<sup>2</sup> bis 6 000 m<sup>2</sup>

Der Flächenbedarf der Rauchgasreinigung beträgt davon ca. 25%.  
Darin enthalten ist darin eine anteilige Fläche für die Brennstofflagerung und den Brennstoffweg.

## 8. Betriebswirtschaftliche Eckdaten

### 8.1 Investitionskosten

Diese werden unter Berücksichtigung aller Randbedingungen der konkreten Situation für jeden Einzelfall ermittelt.

### 8.2. Betriebskosten

Die Betriebskosten der Gesamtanlagen ergeben sich aus

- < Finanzierungskosten
- < zusätzlichen Mitarbeitern zur Überwachung / Brennstoffstrom
- < Stromverbrauch der Anlage
- < ggf. Stromlieferungen der Anlage
- < Fernüberwachung + Wartungsvertrag mit ESS
- < Rückstellungen Instandhaltungen, Versicherung
- < Betriebskosten RGR geschätzt
- < Entsorgungskosten für die Brennstoffaschen und die Reststoffe der RGR

## 9. Abschließende Bewertung

Mit den hier vorgestellten Konzeptionen lassen sich sowohl sinnvolle dezentrale Lösungen als auch die zentrale Entsorgung des Klärschlammes wirtschaftlich bewerten. Unter Berücksichtigung der realen Gegebenheiten kann für jede Anlage das Optimum zwischen Transportwegen und Entsorgungskosten ermittelt werden.

Von besonderer Bedeutung sind die Genehmigungsfähigkeit des vorgesehenen Standortes bzw. die Grundstücksverfügbarkeit.