

# Thermische Verwertung Aschereicher Reststoffe

Engineering GmbH  
**H&C VGU**  
Energie • Wasserstoff • Umwelt

Mozartstr. 4  
D-51643 Gummersbach

Telefon: 02261 / 804640  
Telefax: 02261 / 804641

e-mail: [info@huc-vgu.de](mailto:info@huc-vgu.de)  
<http://www.huc-vgu.de>

Stand: November 2007

## 1. Allgemeines

Die thermische Verwertung von Reststoffen stellt einen notwendigen Schritt im Rahmen einer umweltgerechten Entsorgungspolitik dar. Bei der thermischen Behandlung der Reststoffe soll ein Verfahren ausgewählt werden, bei dem mit einem hohen Wirkungsgrad die elektrische und verwertbare thermische Energie gewonnen werden kann und möglichst keine Reststoffe erzeugt werden, die die Umwelt belasten.

Es ist eindeutig festzustellen, daß kleine dezentrale thermische Verwertungsanlagen in der Zukunft bevorzugt werden sollen, deren Akzeptanz in der Bevölkerung eher zu erreichen ist. Außerdem kann die Industrie, insbesondere die mittelständische, mit den kleinen dezentralen Anlagen eigene Reststoffe selbst entsorgen und verwerten.

Das von H&C-VGU entwickelte Gesamtkonzept zur thermischen Verwertung von Reststoffen hat sich zum Ziel gesetzt, aus den heizwert- und aschereichen Reststoffen Energie und Wertstoffe bei marktgängigen Preisen zu gewinnen.

## 2. Verfahrens- und Anlagenbeschreibung

H&C-VGU hat ein neues Verfahren zur thermischen Verwertung von aschereichen Reststoffen entwickelt. Herzstück des Verfahrens ist der Schmelzzyklon, in dem alle nicht brennbaren Bestandteile des Reststoffs eingeschmolzen werden. (Fließschema Abbildung 1)

Der Reststoff mit möglichst niedriger Feuchte wird, falls erforderlich, zerkleinert und nach der Dosierung mit der Primärluft über zwei Brenner tangential in den Schmelzzyklon (Abbildung 2) eingeblasen.

Der Reststoff kreist mit hoher Drehgeschwindigkeit um die Feuerraumachse. Dabei bewirken die Fliehkräfte ein Abschleudern der Reststoffteilchen gegen die Feuerraumwand. Dort werden sie auf einer klebrigen Schicht geschmolzener Asche festgehalten und können ausbrennen. Die inertesten Teile des Reststoffs, die z.B. bei Klärschlamm ca. 50% der Trockenmasse betragen, werden bei der Brennkammertemperatur von ca. 1400 °C als Schmelze ausgetragen. Die Schmelze wird über einen Wasserkreislauf mit Wärmenutzung abgekühlt und zum Produkt verarbeitet. Um die NO<sub>x</sub>-Bildung zu minimieren, wird die Verbrennungsluft gestuft als Primär-, Sekundär- und Tertiärluft 1 und 2 in die Brennkammer eingeblasen.

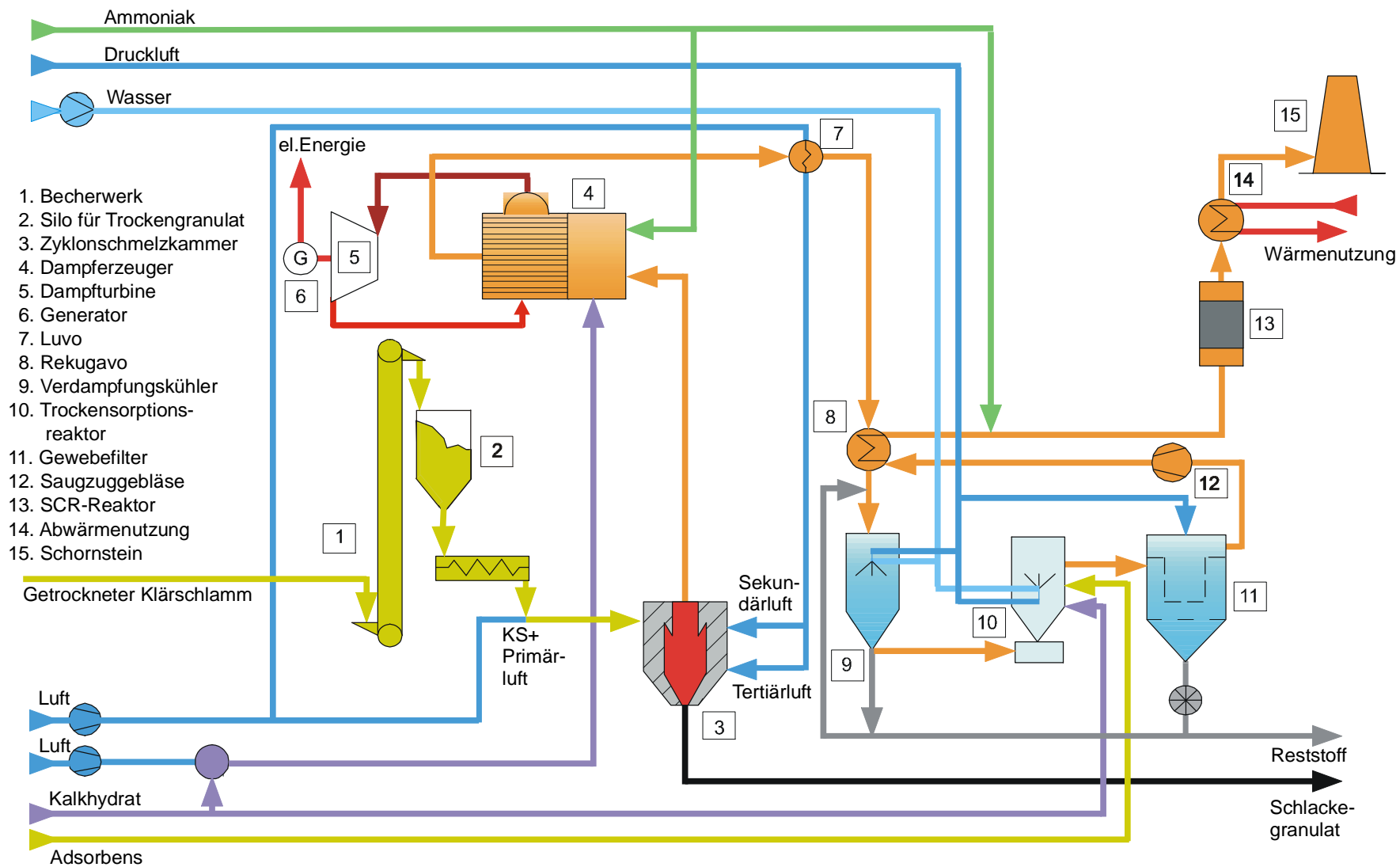


Abbildung 1: Zyklonschmelzfeuerung zur thermischen und stofflichen Verwertung von aschereichen Reststoffen

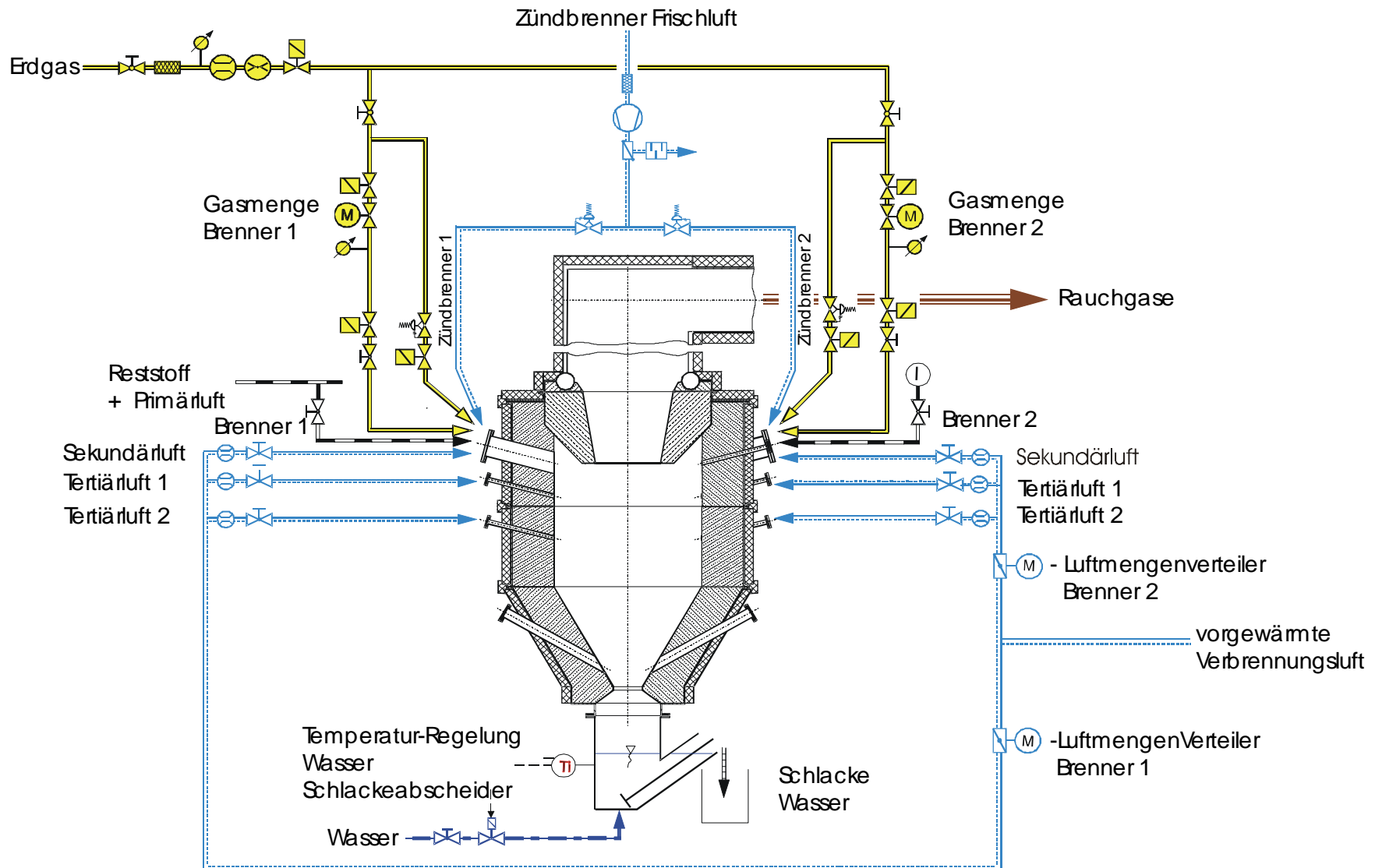


Abbildung 2: Zyklonenschmelzfeuerung zur thermischen Verwertung von aschereichen Reststoffen

Das heiße Rauchgas strömt über das Kernrohr aus der Schmelzfeuerung zum Dampferzeuger, der aus einem Strahlungsteil und einem Konvektivteil besteht. Im Strahlungsteil wird die Rauchgastemperatur soweit abgekühlt, daß die ausgetragenen Aschepartikel nicht mehr klebrig sind. Der konvektive Teil ist als Rauchrohrkessel ausgeführt. Mit dem Dampf wird über eine Turbine oder einen Dampfmotor und einen Generator der elektrische Strom erzeugt. Der Dampf hinter der Turbine wird über einen Wärmeverbraucher kondensiert und zum Kessel zurückgeführt. Vor dem Eintritt der Rauchgase in den Rauchrohrkessel werden Kalkhydrat und Ammoniakwasser zur SO<sub>2</sub>-Einbindung bzw. NO<sub>x</sub>-Reduktion eingeblasen. Dieser Schritt stellt die erste Rauchgasreinigungsstufe dar.

Das Rauchgas aus dem Rauchrohrkessel tritt bei ca. 450 °C in den ersten Luftvorwärmer ein und erwärmt die Luft auf 400 °C. Anschließend kühlen sich die Rauchgase über den regenerativen Gasvorwärmer (REGAVO) auf ca. 220 °C ab.

Hinter dem REGAVO beginnt eine mehrstufige nachgeschaltete Rauchgasreinigung vor allem zur SO<sub>2</sub>-Einbindung und Schwermetall- sowie, falls vorhanden, Dioxineinbindung. In dem Verdampfungskühler werden die Rauchgase zur trockenen Rauchgasreinigung im Trockensorptionsreaktor (TSR) mit Wasser konditioniert.

Dem Trockensorptionsreaktor ist ein Gewebefilter (GF) nachgeschaltet. Der Gewebefilter hat im gleichen Maße die Funktion eines Partikelfilters als auch eines Reaktionsfilters. Die abgeschiedenen Reststoffe werden zur besseren Sorbensnutzung vor dem TSR und Verdampfungskühler rezirkuliert und ein Teil als Senke für die Schadstoffe als Reststoff ausgeschleust.

Die Rauchgase werden mit Hilfe des Saugzuggeblses über den REGAVO zur SCR (Selective Catalytische Reduktion)-Anlage geführt. Die Stickoxidreduktion erfolgt in der Anwesenheit von NH<sub>3</sub> mit Hilfe des Katalysators bei einer Temperatur von ca. 230 °C. Bevor die Rauchgase über den Kamin die Anlage verlassen, werden sie über den Luftvorwärmer (LUVO I) auf 150 °C heruntergekühlt.

### 3. Umgesetzte Massen- und Energieströme

Beispielhaft sind in Abbildungen 3 und 4 die Massen- und Energieströme für eine thermische Verwertungsanlage für kommunalen Klärschlamm mit einer Durchsatzleistung von 500 kg TS/h detailliert dargestellt. Die spezifische Rauchgasmenge beträgt 5,35 kg pro kg Klärschlamm als Trockenmasse, die im Vergleich zur Trockenfeuerung, wie z.B. Wirbelschicht, nur halb so groß ist. Der zu entsorgende Filterstaub beträgt nur ca. 7 % des eingesetzten Klärschlammes als Trockenmasse.

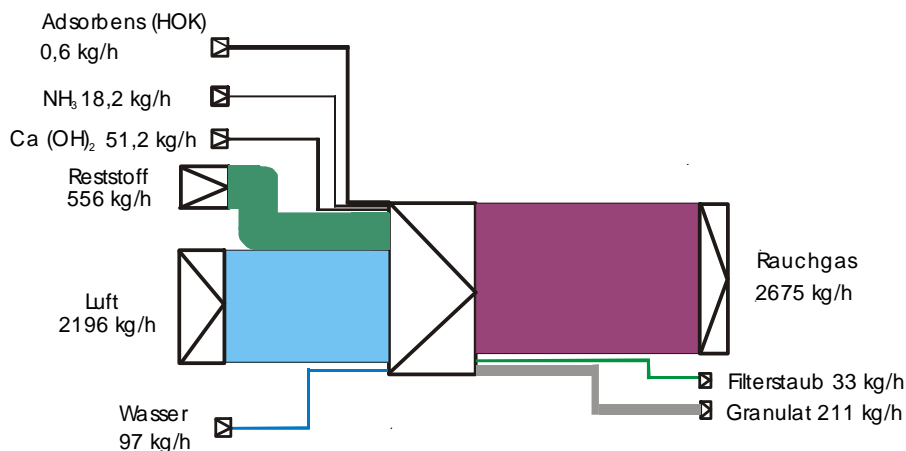


Abbildung 3: Massenflußdiagramm

In dem Energieflußdiagramm stellen die nutzbaren Energieströme, Elektrizität, Sattdampf und Heizung, ca. 80 % der mit dem Klärschlamm eingebrachten Energie. Zur Erzeugung von Elektrizität wird ein Dampfmotor eingesetzt, der dabei den Sattdampf von ca. 20 bar auf 1,3 bar entspannt. Der aus dem Motor austretende Dampf mit einer Temperatur von 120 °C wird bei einer externen Wärmenutzung kondensiert, wodurch etwa 1,1 MW thermischer Leistung genutzt werden kann.

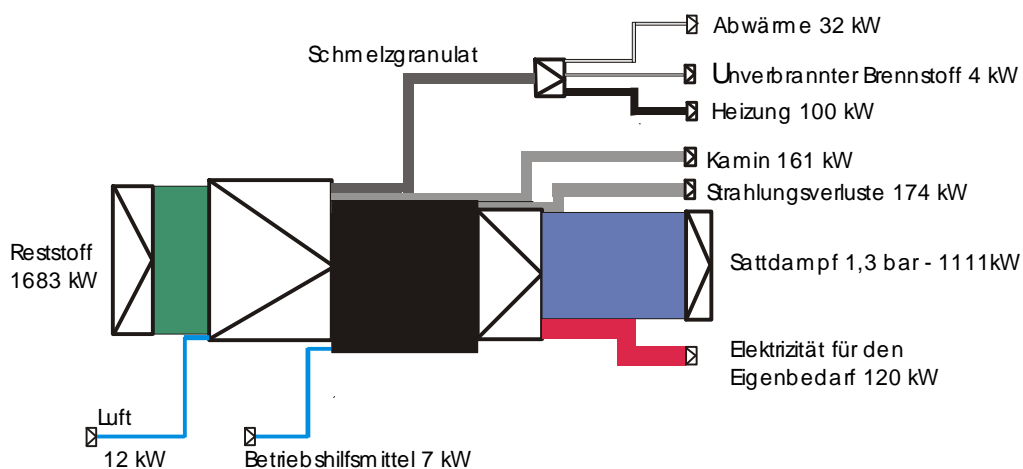


Abbildung 4: Energieflußdiagramm

#### 4. Vorteile der H&C-VGU Zyklonschmelzfeuerung

Die H&C-VGU Zyklonschmelzfeuerung ist in ihrem Aufbau so einfach, daß sie auch für kleine Anlagen wirtschaftlich eingesetzt werden kann. Sie weist folgende Merkmale auf:

- Durch die bei der Verbrennung herrschenden Temperaturen von ca. 1400 °C werden alle organischen Substanzen sicher zerstört.
- Die Verbrennungsrückstände, die als glasartige Schmelze anfallen, sind Wertstoffe. Das Glasähnliche Material weist eine Druckfestigkeit und Säurebeständigkeit auf, die höher ist als bei Granit. Für sie gibt es Einsatzmöglichkeiten als Baumaterial, als Schleif- und Schmirgelmittel oder als Hochtemperatur-Dämmstoff in Form von Glaswolle oder Schaumglas.
- Durch die trockene Rauchgasreinigung fällt kein belastetes Abwasser an.
- Die teilweise Rückführung des Filterstaubes in die Brennkammer ermöglicht eine Aufkonzentration der niederflüchtigen Schwermetalle wie z.B. Quecksilber in der Filterasche. Dadurch kann der zu entsorgende Reststoff auf ein Minimum von 7 % der eingesetzten Trockenmasse reduziert werden. Herkömmliche Anlagen erreichen nur eine Reduktion von ca. 50 % der eingesetzten Trockenmasse.
- Im Normalbetrieb benötigt die Anlage keinen Zusatzbrennstoff.
- Durch den - im Vergleich zu den Wirbelschichtfeuerungen - sehr viel niedrigeren Luftüberschuß der Schmelzfeuerungstechnologie reduziert sich auch die absolute Schadstofffracht, die an die Umgebung abgegeben wird.
- Die Verbrennungsparameter der bei unserem Konzept verwendeten Schmelzfeuerungstechnologie erzeugen bei der Verbrennung kein Lachgas ( $N_2O$ ), wohingegen in Wirbelschichtfeuerungen Lachgas in großer Menge freigesetzt wird. Lachgas ist ein langlebiger Umweltschadstoff, der als Treibhausgas maßgeblich zur Erwärmung der Erdatmosphäre beiträgt. Derzeit existiert noch kein Grenzwert für eine Emission dieses Schadstoffes.
- Die Schmelzfeuerung wurde in Deutschland entwickelt und wird auch in Deutschland hergestellt.
- Die Gesamtentsorgungskosten mit unserer kleinen dezentralen Anlage sind niedriger als bei bestehenden Großanlagen.

## 5. Wirtschaftlichkeitsvergleich des Konzeptes von H&C-VGU mit einer zentralen Wirbelschichtverbrennung (Stand der Technik)

Leistungs- und Verbrauchswerte						Bemerkungen
Einsatzstoff						
		<b>Klärschlamm</b>				
		Durchsatz (TS)		500	kg/h	
		TS-Gehalt		90	%	
		Heizwert (TS)		12,00	MJ/kg	
<b>Betriebsmittel</b>						
Erdgas				0,67	m³/h	im Jahresdurchschnitt nur für
Strom				0,80	kW	An und Abfahrvorgänge
Frischwasser				97,00	kg/h	
Kalkhydrat				51,20	kg/h	
Stickstoff				5,00	m³/h	
Adsorbens				0,60	kg/h	
Ammoniak				18,20	kg/h	
Reststoffe zur Deponierung				33,00	kg/h	
Wertstoffanfall Granulat				211,00	kg/h	
Betriebsstunden				7.500	h/a	
<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>						
<b>1. Investitionskosten</b>						
	Zinsen	Laufzeit	Annuität	Menge	Betriebskosten	
	%	Jahre	%	EUR	EUR/a	
Anlagentechnik						
Aufbereitung	5,5	10	13,27	400.000,00,-	53.080,-	Zinsen z.B. DtA-Umweltprogramm
Verbrennungsanlage mit RRA	5,5	10	13,27	3.350.500,-	444.611,-	
<b>Summe 1</b>				<b>3.750.500,-</b>	<b>497.691,-</b>	
<b>2. Fixe Betriebskosten</b>					EUR/a	
Wartung und Instandhaltung						
Aufbereitung	2	% von der Summe der Investsumme			8.000,-	
Verbrennungsanlage mit RRA	2	% von der Summe der Investsumme			67.010,-	
Personalkosten	2	Personen	Gehalt/a	50.000,-	100.000,-	
Steuern, Versicherung und Verwaltung	1	% von der Summe der Investsumme			37.505,-	
<b>Summe 2</b>					<b>212.515,-</b>	
<b>3. Variable Betriebskosten</b>	Verbrauch	Einheit	spez. Preis/	Einheit	Betriebskosten	
					EUR/a	
Erdgas	5.000	m³/a	0,20	EUR/m³	1.000,-	
Strom	6.000	kWh/a	0,10	EUR/kWh	600,-	
Frischwasser	728	m³/a	1	EUR/m³	728,-	
Kalkhydrat	384	t/a	100	EUR/t	38.400,-	
Ammoniak	137	t/h	100	EUR/t	13.700,-	Ammoniak-Wasser
Stickstoff	37.500	m³/a	0,1	EUR/m³	3.750,-	
Adsorbens	4,50	t/a	1500	EUR/t	6.750,-	
Reststoffe zur Deponie	247,50	t/a	150	EUR/t	37.125,-	
Wertstoffanfall Granulat zum Verkauf	1582,50	t/a	-10	EUR/t	-15.825,-	Granulaterlöse
<b>Summe 3</b>					<b>72.523,-</b>	
<b>4. Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>						
Summe Investkosten				EUR/a	497.691,-	
Summe fixe Betriebskosten				EUR/a	212.515,-	
Summe variable Betriebskosten				EUR/a	72.523,-	
<b>Gesamtkosten</b>				<b>EUR/a</b>	<b>782.729,-</b>	
<b>Kosten pro t Durchsatz Klärschlamm (TS)</b>				<b>EUR/t (TS)</b>	<b>209,-</b>	



Die jährlichen Gesamtbetriebskosten in der Höhe von **EUR 782.729,00** ergeben bei einer Durchsatzleistung von 3750 t TS/a spezifischen Entsorgungskosten von:

**209 EUR/t TS.**

### **Vergleich der Betriebskosten mit einer herkömmlichen Wirbelschichtanlage:**

Herkömmliche Verbrennungsanlagen für Klärschlamm sind in der Regel für Durchsatzleistungen in der Größenordnung von 4-5 tTS/h ausgelegt. Um nun die Kosten des H&C-VGU-Konzeptes mit den Kosten herkömmlicher Anlagen vergleichen zu können, müssen die Betriebskosten des H&C-VGU-Konzeptes auf eine Anlage mit vergleichbarer Durchsatzleistung umgerechnet werden.

Daraus ergeben sich spezifische Betriebskosten für den Scale-up der H&C-VGU-Anlage in der Höhe von etwa 175 EUR/t TS.

Die Betriebskosten einer herkömmlichen Wirbelschichtanlage liegen jedoch im Bereich von 400 EUR/t TS.

## **6. Ausblick**

Für die Realisierung dieses Anlagen-Konzeptes sind staatliche Fördermittel in Aussicht gestellt.