

Challenges and Findings from the Commissioning of Small Sewage Sludge Incineration Plants Using the Example of the KVA on Rügen

Axel Sandner, Sören Sander and Lutz Schröder

On Rügen, Dr. Born - Dr. Ermel GmbH commissioned a unique small plant for the incineration of sewage sludge. Scaling effects on the process engineering side, organisational measures and local conditions were taken into account.

During the commissioning of the small scaled process equipment, it has been shown that the high specific heat loss in the oven affects drying (requirement of a high degree of drying to avoid product adhesion), exhaust vapour condensation (dust pollution) and operation (limited low-load operation). Oven and boiler can be scaled, whereby the use of a steam boiler should be questioned economically as turbine power generation is limited.

From an organisational point of view, the operation of the system must be adapted to its size. The entry of false air into the system significantly increases the oxygen concentration in the flue gas and thus the necessary volume flow of recycle gas. In addition, the operators must be trained at an early stage, as high demands are placed on them as *all-rounders*.

The sewage sludge quality has a significant influence on process management, since no mixing or comparable homogenisations are possible. Particularly in the case of emission-relevant substances, additional measures must be developed that enable the plant to operate safely and economically. In order to implement measures at short notice, it is necessary that planners, system builders and operators work closely together and come up with solutions quickly.

The sewage sludge incineration plant presented here is the smallest of its kind in the world. As one of very few decentralized plants, it sets standards for short delivery routes leading to reduced CO₂ consumption while at the same time recycling sewage sludge economically.

Herausforderungen bei und Erkenntnisse aus der Inbetriebnahme von Kleinstklärschlammverbrennungsanlagen am Beispiel der KVA Rügen

Axel Sandner, Sören Sander und Lutz Schröder

| | | |
|------|--|-----|
| 1. | Die KVA in Bergen auf Rügen..... | 260 |
| 2. | Inbetriebnahme..... | 261 |
| 2.1. | Trocknung..... | 261 |
| 2.2. | Brüdenkondensation | 261 |
| 2.3. | Ofen | 261 |
| 2.4. | Kessel und Thermalöl-Kreislauf..... | 262 |
| 2.5. | Rauchgasreinigung..... | 262 |
| 2.6. | Rezigasführung und Falschlufteintrag | 263 |
| 2.7. | Fahrweise | 263 |
| 2.8. | Schulung des Betriebspersonals..... | 263 |
| 3. | Zusammenfassung | 263 |

Für die erfolgreiche Inbetriebnahme einer Klärschlammverbrennung in Kleinstanlagen dezentral am Standort des Anfalls sind Planer, Anlagenbauer und Betreiber gefordert, die Tücken der in Bezug auf die üblichen industriellen Maßstäbe klein ausgeführten verfahrenstechnischen Aggregate zu meistern. Die Lösung dieser komplexen Aufgaben liegt nicht alleinig auf Seiten der Verfahrenstechnik, sondern erfordert eine ganzheitliche kooperative Herangehensweise, die auf organisatorischer Ebene das eingesetzte Betriebspersonal schon vor und bei der Inbetriebnahme für das Fahren der Anlage vorbereitet. Als Ergebnis der erfolgreichen Inbetriebnahme ist es Betreibern von kleinen Anlagen möglich, ihren Klärschlamm autark und sicher zu entsorgen. Dadurch kann der Betreiber einer solchen Anlage die CO₂-Bilanz um den eingesparten Transportweg verbessern und flexibel auf Neuerungen in Gesetzeslagen reagieren, wie bspw. die Pflicht zur Phosphorrückgewinnung in Bezug zur anfallenden Klärschlammmenge beachten.

Vor dem Übergang in den Dauerbetrieb gilt es bei Kleinstanlagen allerdings eine zentrale Frage zu klären: Wie skaliert die Anlagentechnik mit der Größe der Anlage?

Dieser Bericht gibt einen Einblick in diese Thematik der Anlagenskalierung, da Erfahrungswerte auf dem Gebiet zwangsweise fehlen. Die Anlage auf Rügen ist die erste in Deutschland errichtete Anlage dieser Größenordnung und liefert daher für zukünftig zu errichtende Kleinstanlagen wichtige Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Inbetriebnahme.

1. Die KVA in Bergen auf Rügen

Der Zweckverband für Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen (ZWAR) betreibt auf den Inseln Rügen, Ummanz und Hiddensee insgesamt 36 Abwasserbehandlungsanlagen. Jährlich fallen dort etwa 250.000 m³ flüssige Klärschlämme an. Diese werden an den jeweiligen Standorten oder in der Kläranlage Bergen entwässert und im Anschluss in der neu errichteten Klärschlammverbrennungsanlage (KVA) verbrannt.

Als Kläranlagenbetreiber in einer touristisch geprägten Region sind am Standort insbesondere die saisonalen Schwankungen im Anfall des Klärschlammes von Bedeutung. Hinzu kommt die Insellage, welche die Betreiber vor die Herausforderung stellt, hohe Verkehrsaufkommen in den Engpässen von und zur Insel zu vermeiden.

Der anfallende Klärschlamm ist in seiner Beschaffenheit spezifisch für die Region, da er nicht mit Klärschlämmen anderer Regionen gemischt der Verbrennung zugeführt wird. Der Klärschlamm wird ausgefault, bevor er der Verbrennungsanlage zugeführt wird.

Die Klärschlammverbrennungsanlage besteht aus der Trocknung inklusive Brüdenkondensation, dem Ofen samt Thermalölkessel, einem Elektrofilter und einer trocknen Rauchgasreinigung (Bild 2).



Bild 1:

Klärschlammverbrennungsanlage auf Rügen

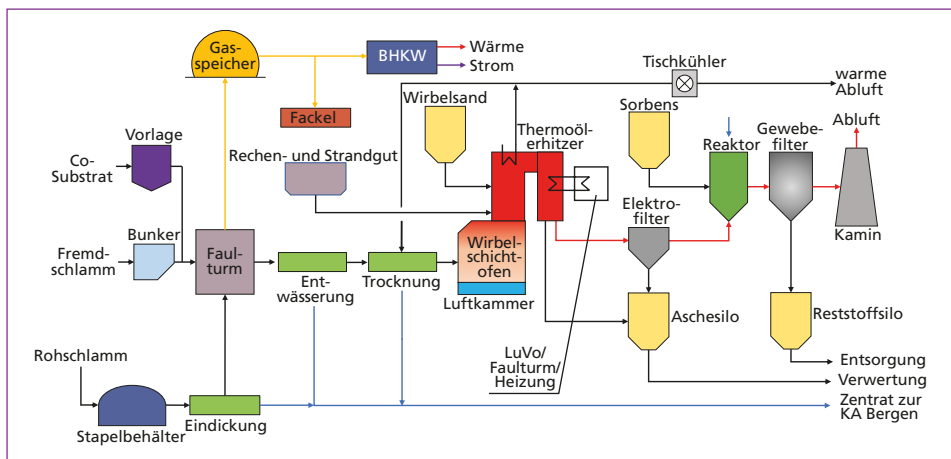


Bild 2: Verfahrensschema der Klärschlammverbrennungsanlage auf Rügen

2. Inbetriebnahme

Bei der Inbetriebnahme (IBN) einer Kleinstanlage tauchen bei den verfahrenstechnischen Apparaten Abweichungen vom bekannten Verhalten gleichartiger Großanlagen auf. Diese spiegeln sich in Messwerten und Analysen wider und ergeben sich aus Beobachtungen während der IBN.

Im Folgenden sind die einzelnen verfahrenstechnischen Grundoperationen Trocknung, Brüdenkondensation, Ofen, Kessel und Rauchgasreinigung in Bezug auf ihre spezifischen Anforderungen erläutert. Auf organisatorischer Seite werden die Rezigasbeschaffenheit, die standortspezifische Fahrweise und die Schulung des Personals betrachtet.

2.1. Trocknung

Als Trockner kommt ein modular aufgebauter Schneckenrockner zum Einsatz. Die Schnecken und der Mantel werden mit etwa 280 °C heißem Thermalöl aus dem Kessel der Anlage beheizt. Durch das schnelle Aufheizen des Klärschlammes im Trockner, insbesondere in Wandnähe, wird die Leimphase durchfahren, ohne dass es im Trockner zu Anbackungen und Verstopfungen kommt. Damit kann der Schlamm auf etwa 55 % getrocknet werden. Da die spezifischen Wärmeverluste im Ofen durch das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen höher sind als bei Großanlagen, ist diese Fahrweise für eine autotherme Verbrennung zwingend erforderlich.

Der modular aufgebaute Schneckenrockner ist wirtschaftlich auf kleine Anlagengrößen begrenzt, da seine Größe linear mit der Schlamm- aufgabe skaliert. So wächst bei größeren Schlamm- mengen die benötigte Trocknungs- und Aufstellungsfläche an, wodurch die Investitionskosten der Maschinen- und der Bautechnik in die Höhe schnellen.

2.2. Brüdenkondensation

Bei der Brüdenkondensation führen erhöhte Staubfrachten zu Verstopfungen von Rohrbündelwärmetauschern. Diese Staubfrachten entstehen, da ein Trocknungsgrad um 55 % TR für die autotherme Verbrennung den spezifischen Wärmeverlust des Ofens kompensiert. Zusätzlich entstehen Aufwirbelung im Schneckenrockner.

Daher sind die Absaugpunkte mit Absaugrohren über den Schnecken so zu installieren, dass Aufwirbelungen minimiert werden. Zusätzlich reduziert ein Absaugdom die Belastung der Brüden mit Staub.

Dazu bietet ein Sprühkondensator mit angeschlossenem Plattenwärmetauscher anstelle eines Rohrbündelwärmetauschers eine maximale Toleranz gegenüber hoch staubbelasteten Brüden mit hohem inertem CSB- und Nitratanteil. Diese sind ebenfalls in Großanlagen empfehlenswert, auch wenn dort die Belastung durch den geringeren Trocknungsgrad geringer ausfällt.

2.3. Ofen

Der Wirbelschichtofen als zentrales Element der Verbrennung erhält seine volle Funktionalität auch bei kleinen Abmaßen. Die Zweistufigkeit ist einstellbar. Während des

Betriebs sind Temperaturen unter 800 °C in der ersten Stufe und über 850 °C in der zweiten Stufe umsetzbar. Hier entsteht kein Nachteil zu Großanlagen.

Die in den Ofen eingetragenen Sandfrachten bzw. die durch den eingesetzten Faulschlamm erhöhten inerten Ascheanteile im Bettmaterial erfordern einen Bettascheausstrag, welcher das Material kontinuierlich automatisiert oder manuell abfährt. Da sich die Menge des im Bett verbleibendem Materials aus der lokalen Klärschlammqualität und dem Faulschlamm ergibt, besteht diese Anforderung auch bei Großanlagen.

2.4. Kessel und Thermalöl-Kreislauf

Die bei der Verbrennung entstehende Wärmemenge ist zu klein, um den wirtschaftlichen Betrieb einer Turbine zu ermöglichen. Entsprechend ist kein Dampfkessel erforderlich und es kann ein Thermalölkessel samt -kreislauf zum Einsatz kommen.

Dieser bietet Vorteile im Betrieb, da er leicht verständlich und sicher fahrbar ist. Dies unterstützt das Anlagenpersonal. Über den Thermalölkreislauf werden die Luftvorwärmung des Ofens, der Trockner, die Heizung der TGA, der Faulturm und der Co-Substratbehälter mit Wärme versorgt. Ein Rückkühlwerk fährt Überschusswärme sicher ab. Die Anlagentechnik eignet sich auch bei Großanlagen, wenn die Wärme als solche genutzt werden soll, bspw. zur Fernwärmeauskopplung.

2.5. Rauchgasreinigung

Der anfallende Klärschlamm auf Rügen weist einen ungewöhnlich hohen Schwefelgehalt von über 2 % bezogen auf den TR-Anteil auf. Die für die Planung als Basis herangezogenen Proben enthielten keine derart hohen Anteile. Diese lokale Besonderheit stellt besonders für die Rauchgasreinigung eine Herausforderung dar, da sich diese Schwefelfrachten als SO_x im Rauchgas wiederfinden. Hier wurden während der IBN Konzentrationen zwischen 6.000 und 10.000 mg/Nm³ im Rohgas gemessen.

In Großanlagen werden diese Spitzen bspw. durch einen erhöhten Einsatz von Kalkhydrat abgefangen. Dies führt bei Kleinstanlagen zu einer signifikanten Erhöhung der spezifischen Kosten, da u.a. aufgrund geforderter hoher Rezirkulationsraten des Hydrats in der einstufigen trocknen Rauchgasreinigung keine vollständige Reaktion stattfinden kann. In Großanlagen erfolgt zudem eine Vorvermischung des Klärschlammes aus unterschiedlichen Regionen, wodurch das Auftreten der Spitzen abgedämpft wird. Bei einer Kleinstanlage mit gleichbleibendem Klärschlammeeingang muss daher keine kurzfristig (u.U. unwirtschaftliche) Lösung, sondern eine permanente Lösung gefunden werden.

Es bietet sich an, eine In-situ-Entschwefelung mithilfe der Zudosierung von Kalk in die Ofenvorlage zu realisieren. Dies bewirkt eine gute Vermischung. SO_x wird in der Asche gebunden und mit ihr im Elektrofilter abgeschieden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Umstellung auf Natriumhydrogencarbonat, welches eine höhere Reinigungsleistung als Kalkhydrat erzielt. Die Umbaumaßnahmen sind minimal, so wird z.B. die Rezirkulierung zurück gebaut.

Natriumhydrogencarbonat ist jedoch schlecht fließfähig. Dadurch entstehen starke Anbackungen im Silo, dem Vorlagebehälter und der Dosierschnecke. Durch die Dimensionierung und die kleinen Querschnitte der Kleinstanlage ist der Verblockungsgrad höher im Vergleich zu einer Großanlage und bei der Ausführung zu beachten.

2.6. Rezigasführung und Falschlufteintrag

Bei der Einstellung der Rezigasführung ist der Restsauerstoffgehalt nach der Rauchgasreinigung ein entscheidender Parameter. Die Anlage muss bereits im Vorfeld so konzeptioniert und dimensioniert sein, dass sie auf schwankende Werte reagieren kann. Der Restsauerstoffgehalt wird durch eingetragene Falschlufte erhöht. Der Eintrag erfolgt lokal, z.B. durch Undichtigkeiten und macht sich in Großanlagen kaum bemerkbar. Bei Kleinstanlagen ist der Anteil der eingetragenen Falschlufte signifikant höher. So führte dies bei der KVA in Rügen zu einer Erhöhung des Restsauerstoffs etwa um 2 % auf 7 %.

Um diesem Effekt entgegen zu wirken und um Undichtigkeiten ausfindig zu machen, kann die Anlage vollständig abisoliert werden, was zu hohen Kosten führt. Der Anlagenbauer sollte bereits beim Installieren ein Augenmerk auf diesen Punkt richten. Alternativ kann bei entsprechender Auslegung die Anlage mit erhöhtem Rezigasstrom gefahren werden, um die erforderlichen Sauerstoffverhältnisse in den Wirbelschichtstufen zu erreichen.

2.7. Fahrweise

Durch die saisonalen Lastwechsel am Standort Bergen auf Rügen ist ein belastbares Speichermanagement vorteilhaft. Die hohen Sommerlasten müssen bei der Planung der Anlage berücksichtigt werden, während die niedrigen Winterlasten den Revisionszeitpunkt bestimmen. Aufgrund der hohen spezifischen Wärmeverluste im Ofen sind Niederlastfahrten nur bedingt, bzw. nur unter Einsatz von Zusatzbrennstoff (Gas, Öl) möglich.

Die Auslastungsschwankungen sind für Großanlagen untypisch, da durch die diversen Anlieferer stets eine annähernd gleichbleibende Menge zu erwarten ist. Lediglich nach Revisionen sind Lagerbestände abzufahren.

2.8. Schulung des Betriebspersonals

Die Klärschlammverbrennungsanlage wird zur Reduzierung der Personalkosten und aufgrund der Größe der Anlage als solche mit weniger Betriebspersonal gefahren. Dadurch ist die Schulung des Personals als *Allrounder* entscheidend. Großanlagen können durch den generellen Bedarf an Personal besser mit Spezialisten arbeiten. Allrounder sind allerdings am Markt selten verfügbar. Daher ist es die Aufgabe des Betreibers diese, zumindest zu einem großen Teil, selbst ausbilden und anzulernen. Dies erfolgt verstärkt während der IBN.

3. Zusammenfassung

Auf Rügen hat die Dr. Born – Dr. Ermel GmbH im Auftrag des Zweckverbandes für Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen erstmals eine Kleinstanlage für

die Verbrennung von Klärschlamm in Betrieb genommen. Dabei wurden Skalierungseffekte auf Seiten der Verfahrenstechnik, organisatorischen Maßnahmen und lokale Gegebenheiten beachtet.

Bei der Inbetriebnahme der verfahrenstechnischen Komponenten der Kleinstanlage hat sich gezeigt, dass sich der hohe spezifische Wärmeverlust im Ofen auf Trocknung (Forderung eines hohen Trocknungsgrades oberhalb der Leimphase), Brüden (Staubbelastung) und die Fahrweise (eingeschränkte Niederlastfahrten) auswirkt. Ofen und Kessel lassen sich skalieren, wobei der Einsatz eines Dampfkessels wirtschaftlich hinterfragt werden sollte, da sich für die Stromproduktion über eine Turbine hohe Amortisationszeiträume ergeben.

Aus organisatorischer Sicht muss die Fahrweise der Anlage entsprechend ihrer Größe angepasst werden. So erhöht der Falschlufteintrag in das System den Sauerstoffanteil im Rauchgas und damit den notwendigen Rezigasvolumenstrom. Darüber hinaus ist das Betriebspersonal frühzeitig zu schulen, da hohe Anforderungen an diese als *Allrounder* gestellt werden.

Die Klärschlammqualität hat signifikanten Einfluss auf Prozessführung, da keine Vermischungen oder gleichwertige Kompensationen möglich sind. Insbesondere bei emissionsrelevanten Stoffen sind zusätzliche Maßnahmen zu erarbeiten, die einen sicheren Betrieb der Anlage wirtschaftlich ermöglichen. Um kurzfristig Maßnahmen zu realisieren, ist es notwendig, dass Planer, Anlagenbauer und Betreiber eng zusammenarbeiten und schnell zu Lösungen kommen.

Die hier vorgestellte Klärschlammverbrennungsanlage setzt als eine der wenigen dezentralen Anlagen Maßstäbe für kurze Anlieferwege mit entsprechend geringen CO₂-Emissionen bei gleichzeitiger wirtschaftlicher Verwertung des Klärschlammes.

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Axel Sandner
Dr. Born – Dr. Ermel GmbH
Projektingenieur Anlagenbau
Finienweg 7
28832 Achim, Deutschland
+49 4202 758-779
SA@born-ermel.de



M.Sc. Sören Sander
Dr. Born – Dr. Ermel GmbH
Projektleiter
Anlagenbau
Finienweg 7
28832 Achim, Deutschland
+49 4202 758-698
SAN@born-ermel.de



Dipl.-Ing. Lutz Schröder

Dr. Born – Dr. Ermel GmbH

Fachgebietsleiter Thermische Verfahrenstechnik

Anlagenbau

Finienweg 7

28832 Achim, Deutschland

+49 4202 758-682

LSCH@born-ermel.de