

Expansive Unternehmensstrategien im Segment der thermischen Abfallverwertung – Beispiel Klärschlammverbrennung –

Manfred Becker

1.	Handlungsimpulse	625
2.	Bonn – Einzelfall oder Beispielfall?	628
3.	MVA versus KVA	629
4.	Chancen und Hürden	633
5.	Fazit	635
6.	Quellen	636

1. Handlungsimpulse

Die aktuelle Situation der thermischen Abfallverwerter Deutschlands stellt sich gut bis sehr gut dar: Mit im Bundesdurchschnitt 97,6 % ist flächendeckend eine Auslastung jenseits der 95 %-Marke zu verzeichnen.[2] Die Erlöse für Gewerbeabfälle sind gestiegen, die Preisniveaus für Restabfälle und siedlungsabfallähnliche Gewerbeabfälle haben sich deutlich angenähert, eine Trendwende ist vorerst nicht absehbar.

Und dennoch: Im Hinblick auf fortschreitende allgegenwärtige gesellschaftliche und politische Bestrebungen, Abfälle möglichst zu vermeiden bzw. stofflich zu verwerten und so einen nachhaltigeren Umgang mit Primärrohstoffen zu etablieren, ist tendenziell ein Rückgang der Restabfallmengen zu erwarten. Der Mengenzenit scheint erreicht. Der deutsche Abfallmarkt bietet den Betreibern thermischer Abfallverwertungsanlagen bei langfristiger Betrachtung grundsätzlich keine Mengenwachstumspotenziale – das Gegenteil ist eher der Fall. Als kommunales Unternehmen unterstützt die MVA Bonn GmbH einerseits die auch von ihren Gesellschaftern Abfallentsorgungszweckverband REK und Bundesstadt Bonn vorangetriebene Maßnahmen zur Abfallvermeidung und -reduzierung. Andererseits sieht sie sich aus unternehmerischer Sicht mit der Notwendigkeit konfrontiert, existenzsichernde Maßnahmen zu initiieren. Im Kontrast zum klassischen Verständnis solcher Maßnahmen strebt die MVA Bonn darüber hinaus weiterhin Wachstum an und verfolgt eine Strategie der Risikodiversifikation. Neben der Erweiterung des Zweckverbands und der kürzlich vorgenommenen Verlängerung der Wertschöpfungskette um die Schlackenaufbereitung, soll in dem Beitrag der innovative Einstieg in ein weiteres Entsorgungssegment in Kombination mit der Produktion von Betriebsmitteln für die Abgasreinigung der MVA vorgestellt werden.

Der Beitrag zeigt auf, welche Potenziale dieses neue Standbein am Standort der MVA Bonn mit sich bringt und wie sich diese ökologisch und ökonomisch sinnvoll für die beteiligten Kommunen, die Bürgerinnen und Bürger und das Unternehmen selbst heben lassen können. Objekt der Bemühungen sind Klärschlämme als weiterer Brennstoff.

Die Entsorgung der Klärschlämme aus der öffentlichen Abwasseraufbereitung Deutschlands steht vor einem massiven Umbruch. Industrielle Klärschlämme werden in der folgenden Darstellung ausdrücklich nicht berücksichtigt.

2015 standen deutschlandweit etwa 1.800.000 Tonnen Klärschlammrockensubstanz zur Entsorgung an. Etwa 1.150.000 Tonnen wurden der Verbrennung zugeführt. Der davon größte Teil (25 %) gelangte zur Mitverbrennung in Kohlekraftwerken oder die Zementindustrie. Für etwa 24 % stehen Monoverbrennungskapazitäten zur Verfügung. Mit etwa 24 % des Gesamtaufkommens ging ein ebenso hoher Anteil in die Landwirtschaft und den Landschaftsbau. [3] Diese Verhältnisse variieren von Bundesland zu Bundesland ganz erheblich. In Verbindung mit steigenden Einwohnerzahlen sowie aber auch der parallel praktizierten Ausbringung von Dung und Gülle auf selbige Flächen entwickeln sich die Konsequenzen dieser Art der Klärschlamm Entsorgung in mehrfacher Hinsicht zunehmend dramatisch:

- Schadstoffe in der Nahrungskette – z.B. Polymere, aber auch Medikamente,
- Grundwasserverunreinigung – z.B. Nitratbelastung (Bild 1),
- Phosphorverlust – unentbehrliche Ressource mit begrenztem Vorkommen.

Auf diese Entwicklungen hat der Gesetzgeber inzwischen mit der Novellierung mehrerer Verordnungen reagiert:

Dünge- und Düngemittelverordnung – DüV und DüMV

Mit der in 2017 erfolgten Verschärfung der Verordnungen wird sowohl quantitativ als auch qualitativ dem Eintrag von in Klärschlämmen enthaltenen Schadstoffen in Boden und Grundwasser entgegengewirkt. An vorderster Front sind synthetische Polymere zu nennen. Polymere werden in der Abwasseraufbereitung zur Flockung eingesetzt und finden über den Klärschlamm den Weg auf Felder und Wiesen und somit in unsere Nahrungskette. Seit dem 01.01.2017 war die Ausbringung von Polymeren-enthaltenden Klärschlämmen verboten. Die letzte Änderung der DüMV schafft eine Übergangsfrist von zwei Jahren, indem sie den Austrag solcher Klärschlämme bis zum 31.12.2018. erlaubt. Nach Ablauf ist der Austrag strikter limitiert. Die DüV sieht ferner eine Begrenzung des Stickstoffgehalts im Boden und verlängerte Sperrzeiten für das Ausbringen von Dünger – also auch von Klärschlämmen - vor.

Klärschlammverordnung – AbklärV

Eines der zentralen Ziele der Klärschlammverordnung ist es, dem Verlust von Phosphor entgegenzuwirken. So wird zeitlich gestuft bis 01.01.2029 die Rückgewinnung von im Klärschlamm enthaltenem Phosphor gefordert.

Aber auch die in Art und Umfang ständig zunehmenden Rückstände aus dem Medikamentengebrauch sollen reduziert werden. Diese werden u.a. für die Verweiblichung der Fischwelt verantwortlich gemacht.

In der Konsequenz wird in den nächsten Jahren die Möglichkeit zur Entsorgung von Klärschlämmen in Landwirtschaft und Landschaftsbau bei steigenden Bevölkerungszahlen und somit steigendem Aufkommen drastisch sinken. Bestrebungen zur Mengenreduktion – analog zum Abfallvermeidungsgedanken – wird es wohl kaum geben. Zwar kann die Abwassermenge durch Sparmaßnahmen beim Wasserverbrauch reduziert werden. Die mit dem Abwasser transportierte Pro-Kopf-Schmutzmenge, aus der letztlich der Klärschlamm entsteht, lässt sich allerdings wohl kaum verringern.

Verschärft wird die Situation durch den sich abzeichnenden Verlust von Kapazitäten in der Mitverbrennung: Einerseits wird das Phosphorrückgewinnungsgebot die Mitverbrennung von Klärschlämmen in Kohlekraftwerken und Zementwerken weitestgehend unwirtschaftlich machen. Andererseits werden auch im Rahmen der Umsetzung der Energiewende und der einhergehenden Dekarbonisierung Mitverbrennungskapazitäten vom Markt gehen.

Ein Entsorgungsdilemma zeichnet sich ab.

Die Antwort von Politikern und kommunalen Entscheidungsträgern darauf lautet vielerorts:

Es ist doch noch viel Zeit.

und:

Dafür ist (jetzt) kein Geld vorhanden, drängendere Probleme sind zu lösen.

Dem ist definitiv nicht so:

Die Übergangsfristen insbesondere der Klärschlammverordnung erscheinen im ersten Augenblick lang. Überschlägt man aber die langen Prozesse der politischen Entscheidungsfindung, der Planung, Genehmigung und Ausschreibung öffentlicher Bauvorhaben und die anschließende Bau- und Inbetriebnahmephase, so sind Realisierungszeiträume von bis zu 10 Jahren an der Tagesordnung. Wer also fristgerecht handlungsfähig sein will, sollte alsbald mit den Überlegungen dazu beginnen.

Der Handlungsbedarf für Städte und Kommunen liegt somit ebenso klar wie akut auf der Hand:

Zur Aufrechterhaltung der Entsorgungssicherheit müssen neue Kapazitäten zur Klärschlammverwertung in Angriff genommen werden.

Da die Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammasche momentan noch als die schnellere und wirtschaftlichere Option erscheint, werden dies in erster Linie Monoverbrennungsanlagen für Klärschlämme sein.

2. Bonn – Einzelfall oder Beispielfall?

Aus strategischer Sicht eines kommunalen MVA-Betreibers liegt es auf der Hand, sich diesem ganz offensichtlich wachsenden Bedarf zu widmen und zu prüfen, ob sich hier ein neues kommunales Marktsegment aufbauen lässt. Dieser Weg wurde auch in Bonn bereits 2016 eingeschlagen. Da die Stadt Bonn seit 1982 eine Klärschlammverbrennungsanlage betreibt, lag zunächst der Schluss nahe, ein derartiger Bedarf sei in Bonn nicht gegeben – weit gefehlt.



Bild 1: Ansicht der Müllverwertungsanlage Bonn

Die Klärschlammverbrennungsanlage des Tiefbauamtes der Stadt Bonn befindet sich zum heutigen Zeitpunkt im 36. Betriebsjahr und ist dringend erneuerungsbedürftig.



Bild 2:

Eine von insgesamt vier Kläranlagen der Bundesstadt Bonn: Die Zentralkläranlage Salierweg mit Klärschlammverwertung

Der Betrieb der mit einer Jahresdurchsatzleistung von etwa 7.500 t/a sehr kleinen Anlage ist vergleichsweise teuer. Die Entsorgungssicherheit wird aufwändig über eine 100 %-Redundanz gewährleistet. Der Stand-Alone-Betrieb wäre energetisch dringend

optimierungsbedürftig. Die Emissionen bewegen sich im gesetzlich vorgegebenen Rahmen, sollen aber mit Blick auf die unmittelbar angrenzende Wohnbebauung und die allgemeine Akzeptanz in der Stadt zukünftig deutlich reduziert werden.

Diesem Modernisierungsbedarf der bestehenden Klärschlammverbrennung stehen im Wesentlichen zwei Aspekte entgegen:

- die Notwendigkeit zur Belastung des Bürgers mit einer Steigerung der im kommunalen Ranking ohnehin schon recht hohen Abwassergebühren aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit der Kleinanlage sowie
- der Platzbedarf für Erweiterungen und Modernisierungen der Kläranlage selbst, der am Standort kaum noch gegeben ist (Bild 3). Dieser könnte durch Auslagerung der Entsorgungsaufgabe Klärschlammverbrennung geschaffen werden.

Die Überlegungen seitens der MVA Bonn trafen somit bei den Verantwortlichen des Tiefbauamtes auf fruchtbaren Boden. In der Folge wurden die Überlegungen zur Weiterentwicklung beider Standorte – Kläranlage Salierweg und MVA – gebündelt. Sie flossen letztlich in insgesamt drei vom Ingenieur-Büro Dr. Born & Dr. Ermel erarbeiteten Machbarkeitsstudien für verschiedene Optionen der Stadt Bonn zur zukünftigen Entsorgung der in den Bonner Kläranlagen anfallenden Klärschlämme ein. Im Weiteren wird ausschließlich auf die Option Klärschlammverwertung am Standort der MVA Bonn eingegangen, die von den Gutachtern anhand einer Bewertungsmatrix als die für die Stadt Bonn vorteilhafteste identifiziert worden ist.

Was bedeutet dies nun bezogen auf die Eingangsfrage *Bonn – Einzelfall oder Beispielfall?* Die Antwort ist einfach und lautet provokant: Beides!

Begründung

Die Ausführungen die Handlungsimpulse betreffend, können als beispielhaft betrachtet werden. Ebenso die Schlussfolgerung, diese als Option für MVA-/MHKW-Betreiber zu betrachten. Insoweit darf man wohl von einem Beispielfall sprechen.

Lediglich im Hinblick auf die in Bonn bereits vorhandene Klärschlammverbrennung hat die Situation einen gewissen Einzelfallcharakter. Dies erscheint jedoch im Hinblick auf die hier betrachtete strategische Fragestellung wenig relevant.

3. MVA versus KVA

In einem hier nur ganz rudimentär wiedergegebenen Vergleich wurden die wesentlichen Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Technologien zur Klärschlamm- und Abfallverbrennung auf mögliche Synergien hin überprüft. Während im letzteren Falle selbstverständlich die in der MVA Bonn vorhandene Anlagentechnik herangezogen wurde, waren für eine neue Klärschlammverbrennung unterschiedliche Verfahren zu betrachten, auf die an dieser Stelle aber nicht näher eingegangen werden soll, da der Fokus des Beitrags weniger technisch, sondern in erster Linie marktstrategisch ausgerichtet ist.

Es überrascht nicht, dass sich die technischen Verfahrensschritte zur Verbrennung von Klärschlamm mit einer Trockensubstanz von im Anlieferungszustand bestenfalls 25 % und festem, selbstgängig brennbarem Abfall deutlich unterscheiden. Dennoch finden sich bei vielen der für beide Prozesse notwendigen Kernkompetenzen in Verfahrenstechnik, Elektro- und Leittechnik, Thermodynamik, Feuerungsregelung und Abgasreinigung erhebliche Analogien. Im Falle Bonn ist die Klärschlammverbrennung aus verschiedenen Gründen als separate technische Einheit neben den vorhandenen drei Abfallverbrennungslinien zu konzipieren. Es liegt auf der Hand, dass die wesentlichen wirtschaftlichen Synergieeffekte mehr in der Peripherie und im laufenden Betrieb selbst zu suchen und zu finden sind, als im Investitionsumfang. Das für Bonn zunächst entwickelte Konzept steht unter folgenden Prämissen:

- Die Klärschlammverbrennungsanlage muss eine Mindestdurchsatzleistung erreichen, die einerseits einen wirtschaftlichen Betrieb zu für die öffentlichen Auftraggeber akzeptablen Konditionen gestattet und andererseits den Aufbau mit möglichst gängigen Modulkomponenten erlaubt.
- Der Betrieb der Anlage darf insbesondere im Falle von Betriebsunterbrechungen keine unmittelbaren betrieblichen Wechselwirkungen auf das eigentliche Kerngeschäft der Abfallverwertung nach sich ziehen. Verknüpfungen von Prozessabläufen wie beispielsweise beim EuPhoRe-Verfahren [1] sind deshalb ausdrücklich nicht gewünscht.
- Die Anlage soll temporär – also im Wechselbetrieb - die Monoverbrennung von Papierschlamm zwecks Herstellung eines Sorbens nach der Rezeptur der Firma MinPlus ermöglichen. Dieser Sorbens wird in der MVA seit geraumer Zeit erfolgreich zur Verbesserung der Schadstoffabscheidung aus dem Abgas und zur Minderung von Verschmutzungen in Kessel und Abgasreinigungseinrichtungen eingesetzt. Eine ausgesprochene Besonderheit für den Beispielfall Bonn, die erhebliche wirtschaftliche Vorteile für den Betrieb von MVA und KVA bietet.

Als technisches Grundkonzept hat sich unter diesen Prämissen rasch eine KVA mit einer Durchsatzleistung von in Summe (Klärschlamm + Papierschlamm) etwa 35.000 Tonnen Trockensubstanz jährlich in einer stationären Wirbelschichtfeuerung mit vorheriger Trocknung eines Klärschlammteilstroms herauskristallisiert. Das resultierende Anlagenkonzept und die Schnittstellen zur MVA (rot dargestellt) sowie die zusätzlichen, für die Sorbensproduktion erforderlichen Komponenten (grün dargestellt) sind in Bild 3 dargestellt.

Die Abbildungen der folgenden Seiten geben eine Idee zur Integration der neuen Anlage in den Baukörper der MVA wieder. Die KVA lässt sich technisch, energetisch und architektonisch hervorragend in den MVA-Betrieb integrieren. Als nachteilig ist im vorliegenden Fall die Notwendigkeit des zusätzlichen innerstädtischen Klärschlammtransports von der Kläranlage zur MVA anzuführen.

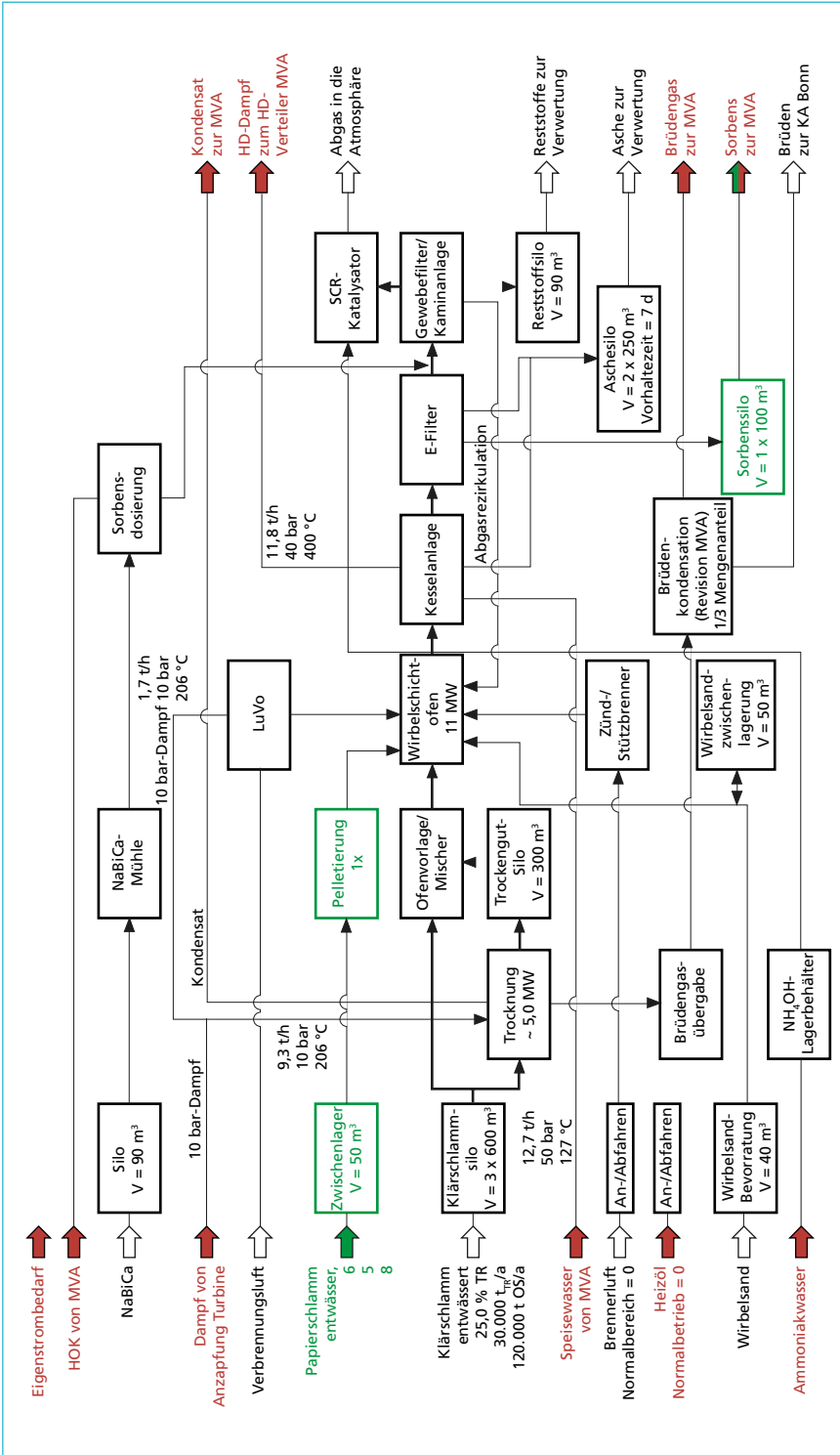


Bild 3: Anlagenfließbild der Klärschlammverwertungsanlage

Quelle: Dr. Born - Dr. Ermel GmbH

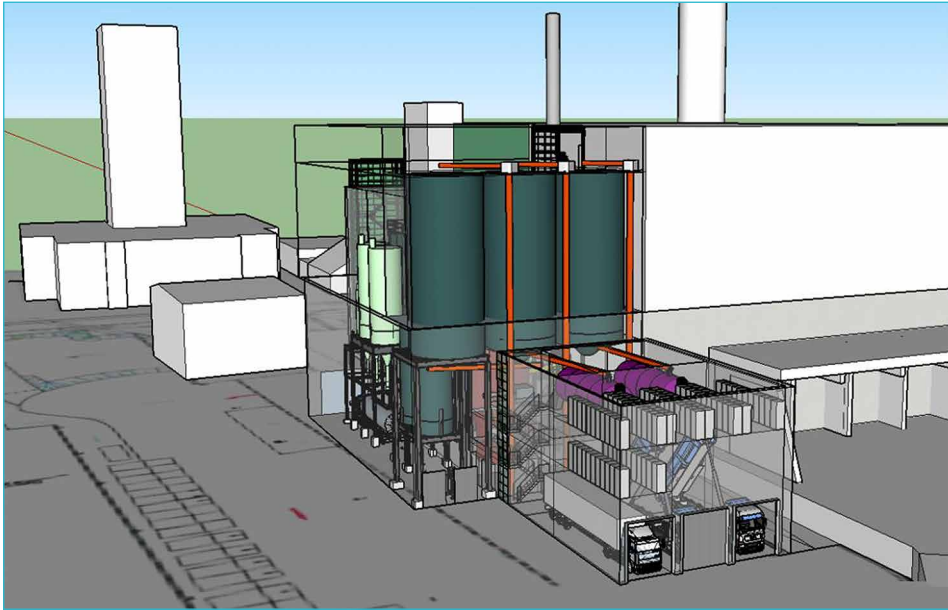


Bild 4: Modell der Klärschlammverwertungsanlage am Standort der MVA Bonn – Frontansicht

Quelle: Dr. Born - Dr. Ermel GmbH



Bild 5: Modell der Klärschlammverwertungsanlage am Standort der MVA Bonn – Seitenansicht

Quelle: Dr. Born - Dr. Ermel GmbH

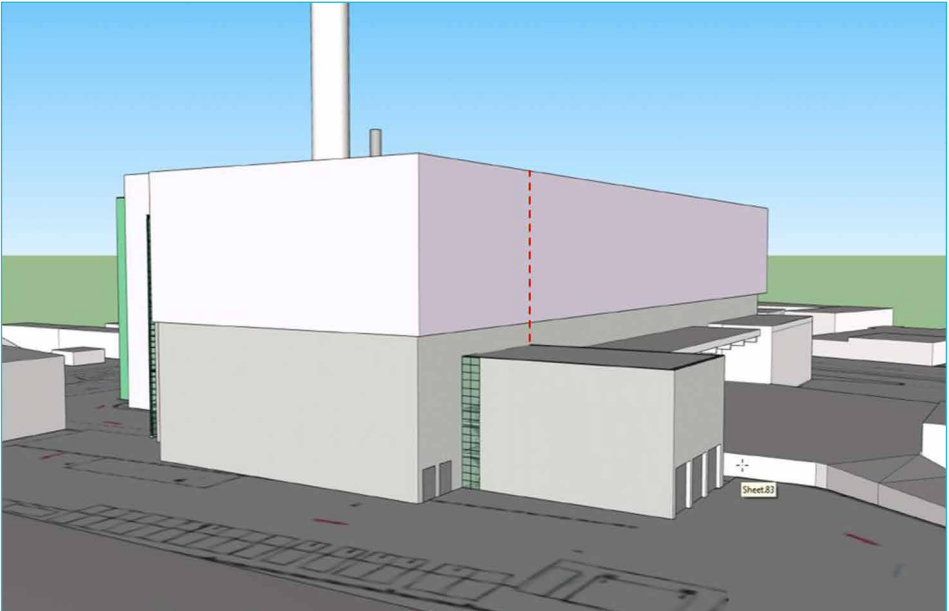


Bild 6: Modell der Klärschlammverwertungsanlage am Standort der MVA Bonn – Außenansicht

Quelle: Dr. Born - Dr. Ermel GmbH

4. Chancen und Hürden

Chancen

Die mit dem Projekt verbundenen Chancen und die davon profitierenden Akteure sind durchaus vielfältiger Natur:

- Aus betrieblicher Sicht der MVA ist das Projekt eine standortfördernde Maßnahme. Einerseits entstehen neue Arbeitsplätze und andererseits ist die Qualifikation der vorhandenen Mitarbeiter weiter zu diversifizieren. Aspekte, die das Projekt trotz zu erwartender Mehrarbeit auch aus Sicht von Betriebsrat und Mitarbeitern attraktiv werden lassen.
- Aus betriebswirtschaftlicher Sicht der MVA ist durch Schöpfung von Synergien in den Bereichen
 - Infrastruktur,
 - Betriebsmittelbeschaffung (Sorbens) und
 - Personal inklusive Overhead

eine Reduktion der spezifischen Betriebskosten für die Abfallverwertung zu erwarten.

- Aus betriebswirtschaftlicher Sicht der KVA ergeben sich weitere Kostenvorteile durch
 - den Entfall der Brüdenkondensation und
 - die Nutzung von Schnittstellen zur MVA.
- Aus strategischer Sicht des Unternehmens bietet das Projekt die Vorteile
 - Standortsicherung sowie
 - Risikodiversifizierung durch Erweiterung des Brennstoffportfolios um eine langfristig solide, von den Abfallmärkten völlig unabhängige Komponente.
- Aus Sicht des Kläranlagenbetreibers (Tiefbauamt) wirken sich vorteilhaft aus
 - die Entlastung vom Betrieb der bisherigen Klärschlammverbrennungsanlagen,
 - der Verzicht auf die Modernisierung u.a. mit Entsorgungsengpässen während der Neubaumaßnahme am Standort,
 - der Zuwachs von Freiflächen sowie
 - die Entlastung des städtischen Haushalts.
- Der Gebührenzahler profitiert zweifach: Sowohl bei den Abwasser-, als auch bei den Abfallgebühren.

Doch: Wo Licht ist, ist auch Schatten.

Hürden

Während also die Chancen des Konzepts auf der Hand liegen, sind auch eine ganze Reihe von Hürden zu überwinden.

- Als erste Hürde seien die hohen Anforderungen an die Emissionen genannt. Diese sind im Fall Bonn aufgrund der stadtnahen Lage der MVA und den von dieser langjährig vorgegebenen, sehr niedrigen Betriebswerte als durchaus anspruchsvoll anzusehen (Bild 7). Insbesondere die im Durchschnitt bei etwa 80 mg/Nm^3 liegenden NO_x -Werte sind für die Klärschlamm-Papierschlamm-Kombianlage eine Herausforderung. Machbar, aber sowohl im investiven, als auch im betrieblichen Bereich mit Zusatzbelastungen verbunden.
- Eine weitere Hürde ist die Auslastung. Diese Herausforderung ist eher als eine generelle und nicht Bonn-spezifisch zu betrachten. Erst ab einem Einzugsgebiet von etwa 1,2 bis 1,4 Millionen Einwohnern ist davon auszugehen, dass eine KVA in der oben skizzierten Größenordnung ausgelastet werden kann. Hier profitiert das vorgestellte Konzept von der im Abfallentsorgungsbereich bereits aufgebauten kommunalen Kooperation der Stadt Bonn mit benachbarten Kreisen (REK). Dieses Prinzip steht Pate für den erfolgreichen Aufbau einer analogen Zusammenarbeit im Bereich der Klärschlammverwertung. Allerdings sind hierbei zwei abweichende Aspekte zu beachten:
 - Abfall und Abwasser unterliegen unterschiedlichen Rechtsregimen.
 - Während die Abfallentsorgung auf Ebene der Kreise und Städte angesiedelt ist, obliegt die Abwasseraufbereitung und Klärschlammentsorgung den Gemeinden.

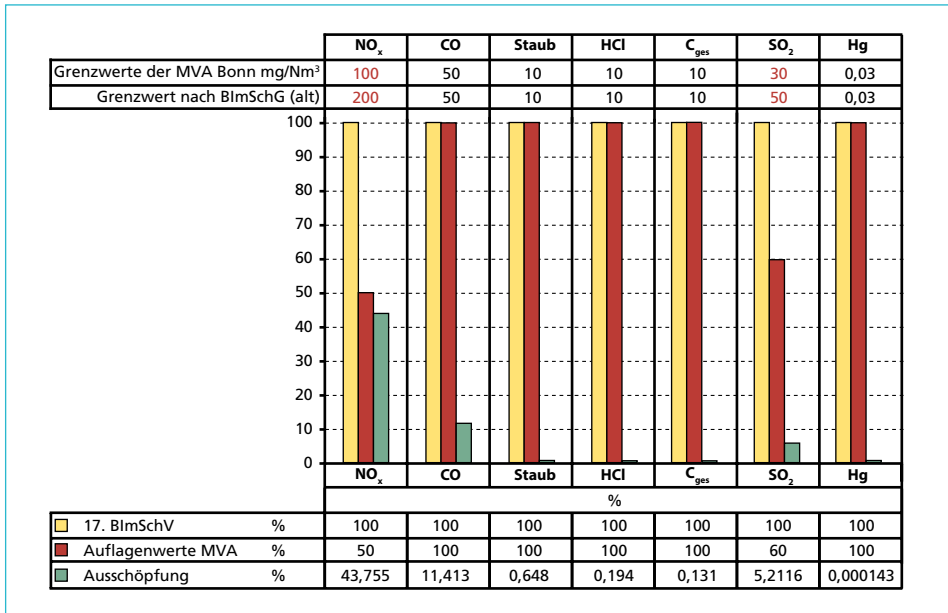


Bild 7: Emissionen der MVA Bonn; Stand: 2016

Dennoch bietet die bereits bestehende Kooperation erhebliche Vorteile aufgrund vorhandener Kontakte und positiver Erfahrungen.

- Die größten Hürden sind indes weit weniger stringent beherrschbar, als die in den Segmenten Technik oder Akquise – sind sie doch im Bereich der sogenannten Soft-Skills angesiedelt. Es geht um die Akzeptanz bei politischen Entscheidungsträgern und Öffentlichkeit. Im Falle Bonn sind diese trotz aufwändigem und frühzeitigem Kommunikationsmanagement mit professioneller Unterstützung immer noch nicht abgeschlossen. Vordergründig werden von Gegnern in erster Linie die zusätzlichen LKW-Transporte in die Stadt angeführt. Tatsächlich kommt aber immer wieder die Frage auf: Warum sollen in dieser Stadt die Klärschlämme anderer verbrannt werden? Ein ausgesprochen emotional besetztes Thema. Der Begriff des Gemeinwohls stößt leider bei Vielen schnell an (individuelle) Grenzen. Hier ist noch viel Überzeugungsarbeit zu leisten. Das Beispiel anderer Städte zeigt aber, dass bezogen auf das hier behandelte Beispiel (leider) nicht von einem Einzelfall ausgegangen werden kann.

5. Fazit

Das nachfolgende Fazit setzt sich aus sieben abschließenden Aussagen zusammen.

- Der Bedarf an Klärschlamm-Monoverbrennungskapazitäten wird in den nächsten zehn Jahren rasch wachsen.
- Dieser Bedarf stellt für MVA-Betreiber eine echte unternehmensstrategische Wachstumschance dar.

3. Am Beispiel Bonn konnte gezeigt werden, dass der kombinierte Betrieb von MVA und KVA Synergien bietet, die es zu schöpfen gilt.
4. An diesen Synergien können die Bürger gleich mehrfach partizipieren.
5. Als nachteilig sind die Transporte zu bewerten.
6. Erhebliche Widerstände aus Politik und Öffentlichkeit im Hinblick auf die Akzeptanz sind (leider immer noch) zu erwarten.
7. Fraglich ist, ob auf Seiten des Anlagenbaus genügend Kapazitäten vorhanden sind, um die Vielzahl der eventuell notwendigen Projekte zu realisieren.

Abkürzungsverzeichnis

AbfKlärV	Klärschlammverordnung
DüV	Düngeverordnung
DüMV	Düngemittelverordnung
ITAD	Interessenvertretung thermischer Abfallbehandlungsanlagen Deutschlands
KVA	Klärschlammverwertungsanlage
MVA	Müllverwertungsanlage
MHKW	Müllheizkraftwerk
REK	Rheinische Entsorgungskooperation

6. Quellen

- [1] Euphore GmbH. URL: <http://euphore.de/index.htm>
- [2] ITAD: Auslastung des thermischen Recyclings – regionaler Überblick 2016; während *Thermische Verwertung in der Circular Economy*, Oberhausen, 05.12.2017
- [3] Statistisches Bundesamt. URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Gesamtwirtschaft-Umwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenKlaerschlammverwertungsart.html>, zugegriffen am 04.12.2017

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Peter Quicker, Alexander Gosten (Hrsg.):

Energie aus Abfall, Band 15

ISBN 978-3-944310-39-8 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2018

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.,
Dr.-Ing. Olaf Holm

Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Janin Burbott-Seidel,
Claudia Naumann-Deppe, Cordula Müller, Anne Kuhlo, Gabi Spiegel

Druck: Universal Medien GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.