

## **Energieeffiziente und wirtschaftliche Korrosionsvermeidung in RTO`s der MBA**

Franz Obermeyer

### **Abstract**

Zur Emissionsminderung hat sich bei mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA) als Abgasreinigungsverfahren die regenerativ thermische Oxidation (RTO) durchgesetzt. Als ein wesentlicher Schwachpunkt dieser Anlagenkonzeption ist die massive Korrosion in kalten Anlagenteilen der RTO erkannt worden. Der Beitrag stellt eine verfahrenstechnische Optimierung bestehender Anlagen durch „Trockenlegung der RTO“ vor. Hierbei kommt zur energieeffizienten Betriebsweise die Kraft-Wärme-Kopplung zur Anwendung. Der Einsatz von Deponiegas in einer Mikrogasturbine führt zu besonders günstigen wirtschaftlichen Betriebsweisen.

For the purpose of emissions reduction the regenerative thermal oxidation (RTO) has become prevalent as exhaust gas purifying process in mechanical-biological waste treatment plants (MTB plants). The massive corrosion within the cold parts of the plant has been revealed as the plant conceptions major weakness. This text aims to present a process optimization of existing plants by „drying-out the RTO“. This is where the cogeneration is being applied for an energy-efficient mode of operation. The use of landfill gas in a micro gas turbine results in particularly cost-effective modes of operation.

### **Schlüsselwörter, Keywords**

MBA, RTO, Deponiegas, Mikrogasturbine, Kraft-Wärme-Kopplung, Korrosion, Energieeffizienz

MBT plants, RTO, landfill gas, micro gas turbine, cogeneration, corrosion, energy efficiency

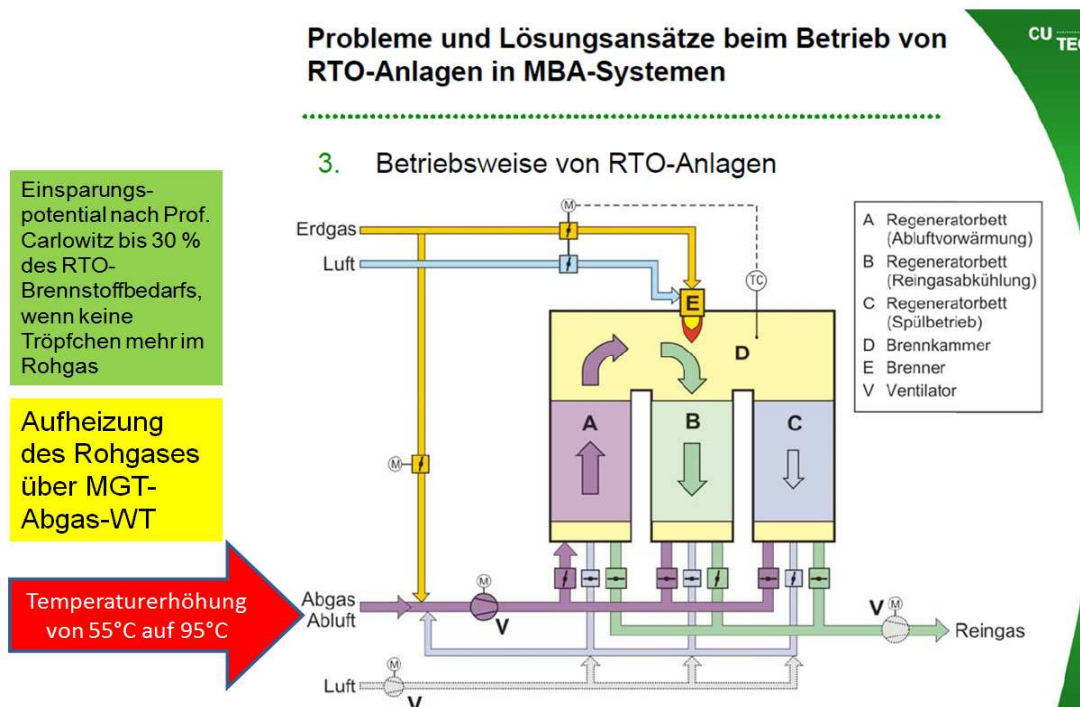
## **1 Optimierung der RTO als Abluftbehandlungsanlage der MBA**

Die regenerativ thermische Oxidation (RTO) der Abluft von MBA wird als Abgasreinigungsverfahren ausnahmslos angewandt. Anders als bei den klassischen Einsatzbereichen der RTO-Technologie ist die Abluft zur RTO durch den vorgeschalteten sauren Wäscher systembedingt wasserdampfgesättigt. Die Temperatur beträgt ca. 55 °C. Zusätzlich sind Aerosole und Wassertropfen in der Abluft vorhanden, die trotz Tropfenabscheider aus den Kolonnenwäschern stammen.

### **Korrosion und Energiebedarf**

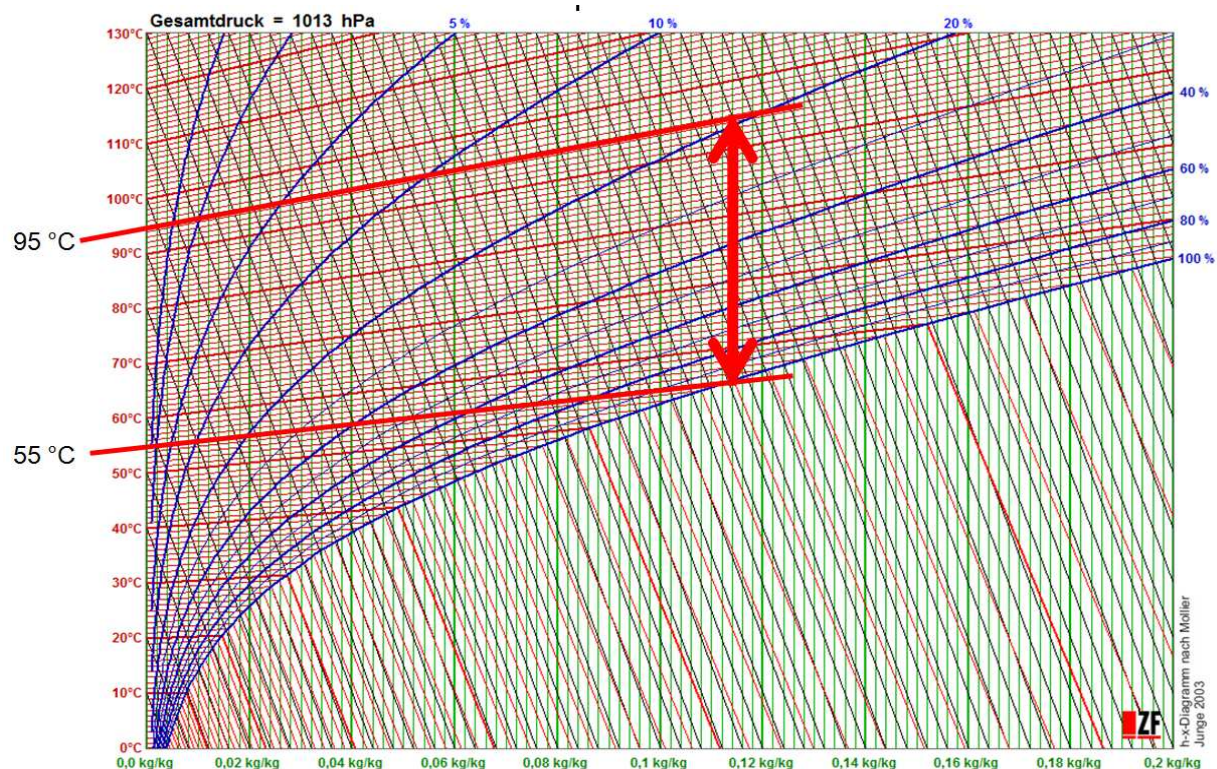
Neben anderen Problemen zeigten sich massive Korrosionen in den Kanälen und Klappensystemen von RTO-Anlagen. Der hohe Zusatzbrennstoffverbrauch belastet die Wirtschaftlichkeit der Anlagen und die Umwelt.

Die Betriebsweise der RTO mit detaillierten Ausführungen zum Problemkreis Korrosion ist u.a. in [2] von Prof. Dr. Carlowitz und Dipl. Ing. Neese beschrieben worden.



**Abbildung 1:** Verfahrensschema einer RTO-Anlage, Quelle: CUTECH GmbH, und Ansatzpunkt für eine effiziente Korrosionsvermeidung

Die Schaffung taupunktvermeidender Betriebsbedingungen innerhalb der RTO ist eine anerkannte technische Optimierung bestehender Anlagen zur Korrosionsvermeidung. Hierzu bedarf es z.B. einer Anhebung der Temperatur der zu behandelnden Abluft. Bereits eine Anhebung von 55 °C auf 95 °C senkt die relative Feuchtigkeit der wasserdampfgesättigten Abluft auf 20 % und schließt Kondensationseffekte weitestgehend aus.



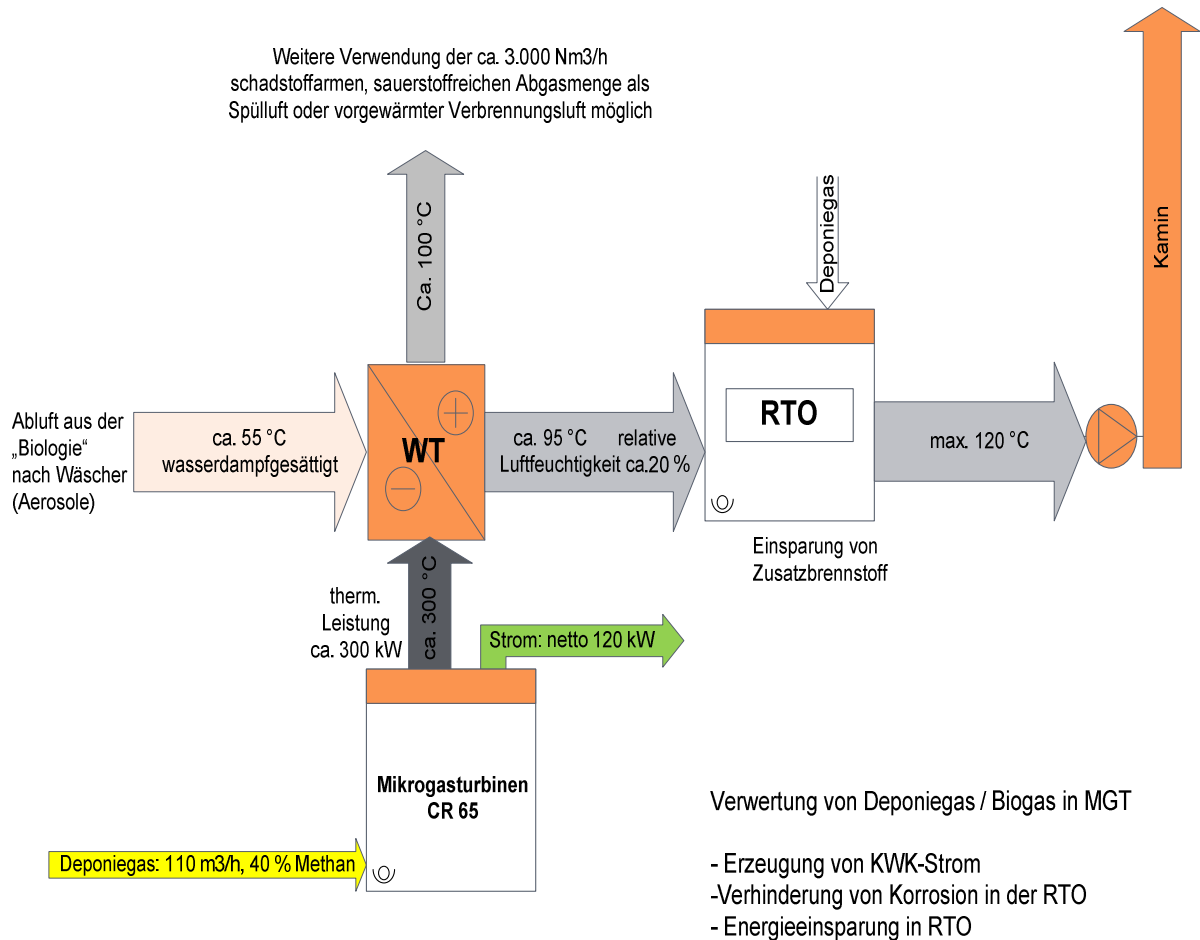
**Abbildung 2:** Der bestimmende Einfluss der Temperatur auf die relative Feuchte

Systembedingt enthält die Abluft zusätzlich Aerosole und Wassertropfen, die den Wäscher trotz nachgeschalteter Tropfenabscheider verlassen. Dezidierte Messungen zum Aerosolanteil und zur Tropfengrößenverteilung bei MBA-Abgasen liegen nicht vor. Dieses verwundert, da der Aerosolanteil erhebliche Auswirkungen auf den Zusatzbrennstoffverbrauch der RTO hat. Nach Herstelleraussagen von Abluftwäschern mit Tropfenabscheidern sind keine Tropfen  $> 24 \mu\text{m}$  Durchmesser in der Abluft enthalten. Abschätzungen aufgrund des Frischwasserverbrauches der Wäscher und vereinzelter Messungen lassen relevante Aerosolgehalte in einer Größenordnung um  $10 \text{ g/m}^3_{\text{N}}$  erwarten. Messungen an der jeweiligen Anlage sind zu empfehlen.

Die weitestgehende Auflösung dieser Tropfen vor Eintritt in die RTO ist eine weitere Voraussetzung für eine Korrosionsvermeidung in den kalten Bereichen der RTO.

### Apparatives Konzept zur „Trockenlegung“ der RTO

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde das nachstehende Konzept entwickelt.



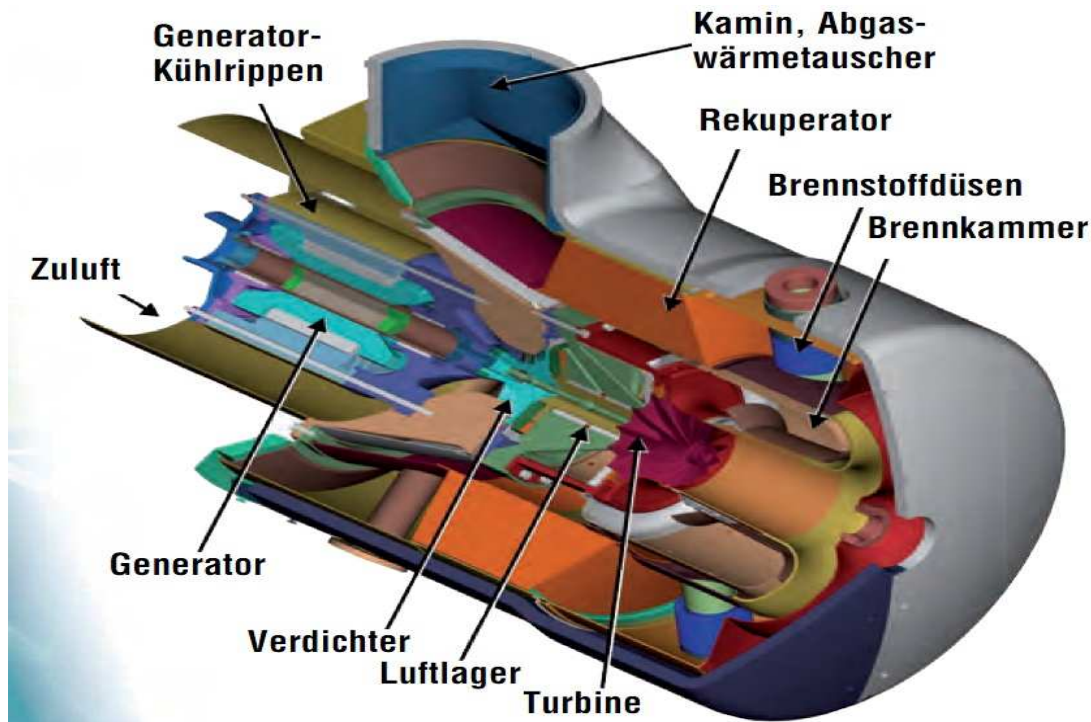
**Abbildung 3:** KWK- Konzept zur Korrosionsvermeidung in RTO's der MBA am Beispiel einer mit Deponiegas betriebenen Mikrogasturbine der Fa. Capstone

Die in Abbildung 3 dargestellte verfahrenstechnische Maßnahme hat das Ziel Kondensate in den Kanälen und Klappensystemen von RTO-Anlagen zu verhindern.

Als Aggregat zur Kraft-Wärme-Kopplung kommt eine Mikrogasturbine der Firma Capstone zum Einsatz, die u.a. mit am Standort vorhandenem Deponiegas oder Biogas aus der Vergärungsanlage gefeuert werden kann.

Mikrogasturbinen sind eine innovative Technologie zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme. Das Grundprinzip der Turbine besteht aus einem kontinuierlichen Verbrennungsprozess, durch den eine Welle mit bis zu 96.000 U/min angetrieben wird. Auf dieser luftgelagerten Welle sind Generator, Verdichter und Turbine befestigt. Auf Schmierstoffe kann ganz verzichtet werden.





**Abbildung 4:** Schnitt durch eine Mikrogasturbine Typ Capstone C 65

Das in der Mikrogasturbine verfeuerte Deponiegas oder Biogas erzeugt mit einem elektrischen Wirkungsgrad bis ca. 30 % Strom, der nach den Bestimmungen des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) oder des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes (KWK-Gesetz) genutzt werden kann. Der verbleibende Energieinhalt des Verbrennungsgases steht nahezu vollständig im Abgas der Mikrogasturbine mit einer konstanten Temperatur von ca. 300 °C für die Wärmenutzung zur Verfügung.

Ein in den Abluftstrom der MBA nach Tropfenabscheider installierter Luft / Luft Wärmetauscher nutzt diese Energie zur Aufheizung der Abluft und zur Verdampfung der Aerosole.

Nach Durchlaufen des Wärmetauschers kann das auf ca. 100 °C abgekühlte Abgas der Mikrogasturbine zudem noch als vorgewärmte Verbrennungsluft des RTO-Brenners und als Spülgas bei der Regenerator-Umschaltung genutzt werden.

## 2 Wirtschaftlichkeit

Die vorgestellte Maßnahme verhindert Korrosion im „kalten Bereich“ der RTO. Die hierdurch potentiell vermeidbaren Instandhaltungskosten sind nach Aussagen von Anlagenbetreibern erheblich, aber schwer zu beziffern. Deshalb sollte die Wirtschaftlichkeit dieser KWK-Anwendung zusätzlich ohne diesen Aspekt geprüft werden.

### Einspareffekte an der RTO

Der größte Einspareffekt an Zusatzbrennstoff der RTO ist durch die vorgelagerte Verdampfung der Wasseraerosole zu erwarten. Bei einem üblichen Abluftvolumenstrom von ca. 16.000 m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h und einem angenommenen Aerosolanteil von ca. 10 g/m<sup>3</sup><sub>N</sub> wäre eine Ver-

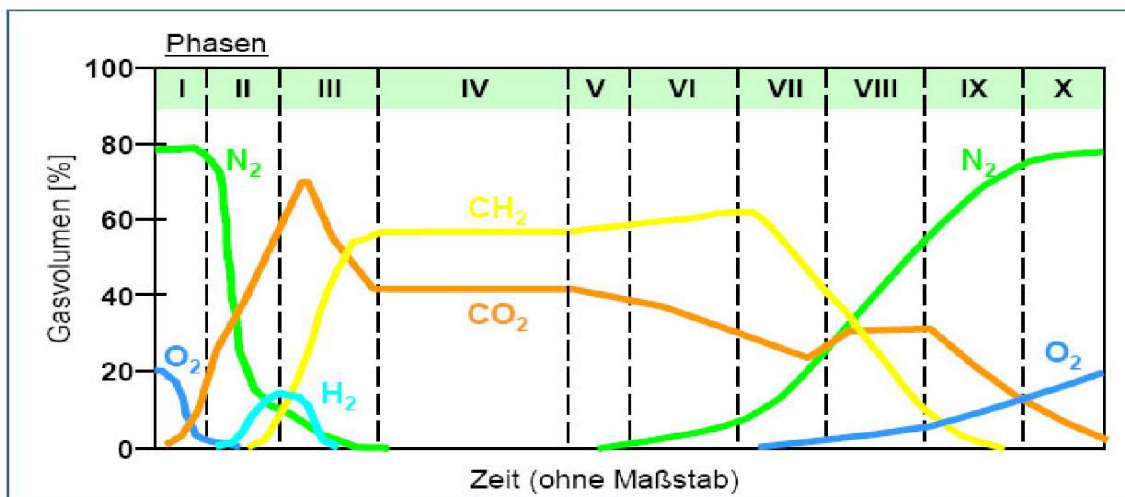
dampfungsenthalpie von ca. 100 kW aufzubringen, die in der Feuerung der RTO eingespart werden kann.

Durch günstige Auslegung des Wärmetauschers sollte es gelingen, den überwiegenden Teil der Tropfen spontan an den WT-Kontaktflächen zu verdampfen. Die zur Einkoppelung zur Verfügung stehende Wärmeleistung von 300 kW auf einem Temperaturniveau von 300 °C (2xCR65 Mikrogasturbinenanlage) reicht aus um sowohl die grob angesetzte Verdampfungsenthalpie von ca. 100 kW als auch die anvisierte Temperaturerhöhung auf ca. 95 °C bei einer verbleibenden Abgastemperatur nach Luft / Luft-WT von > 100 °C sicherzustellen.

Die Erhöhung der Eintrittstemperatur der Abgase in die RTO auf ca. 95°C hat eine Brennstoffersparnis der RTO von ca. 3 % und eine Erhöhung der Brennerzulufttemperatur auf ca. 100 °C zusätzlich eine Brennstoffersparnis von ca. 5 % zur Folge. Die Verwendung des schadstoffarmen MGT-Abgases als Spülluft zeigt tendenziell neben Korrosionsschutzaspekten ebenfalls eine Energieeinsparung.

### Deponiegasverstromung in MGT

Nach Beendigung der Ablagerung von Abfällen mit relevanten organischen Anteilen verändert sich die Gassituation auf den Deponien. Mittelfristig wird die Gaserfassung schwieriger, sodass es neben einer Reduzierung des Methangehaltes und des nutzbaren Volumens zu einem gleichzeitigen Anstieg der Stickstoffgehalte im Deponiegas kommen wird (vgl. Abbildung 5).



**Abbildung 5:** Verlauf der Deponiegasqualität über die Zeit einer Deponie Quelle: Bayrisches LAU 2008

Die vielfach vorhandenen Motor-BHKW zur Deponiegasverwertung sind für sinkende Methangehalte nur bedingt geeignet, so dass aufwendige Methananreicherungen und Zusatzbrennstoffe erforderlich werden können.

Mikrogasturbinen können mit Methangehalten ab 30 Vol. % betrieben werden (beim Startvorgang ab 35 Vol. %). Deshalb sollte bei absehbar sinkenden Methangehalten und Deponiegasmengen eine Nutzung von Deponiegas durch Mikrogasturbinen als Alternative geprüft

werden. Kleinere MGT-Einheiten (CR 65) in Modulbauweise sind bei gutem Teillastverhalten besonders flexibel.

Mehrjährige Betriebserfahrungen mit Biogas- oder Deponiegas liegen vor.

Die Abrechnung des erzeugten Stromes nach KWK-Gesetz ist gegenüber der Stromvergütung nach EEG bei diesen Randbedingungen vorteilhaft. Nach EEG 2009 kommt für Stromerzeugungsanlagen, die mit Deponiegas betrieben werden, kein KWK-Bonus in Frage.

Die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anwendung ist bei ganzjährigem Betrieb und Eigennutzung des Stromes nach KWK-Gesetz besonders attraktiv. Der Strombezugspreis, die Verzinsung des einzusetzenden Kapitals und die Vollwartungskosten der Anlage als Festpreis bestimmen die Amortisationszeit und die zu erwartende Rendite. Feste Größen sind die im KWK-Gesetz geregelten Zuschläge auf den erzeugten Strom von 5,1 Cent/kWh bis 2,1 Cent/kWh bei Anlagen bis 2 MW unabhängig davon, ob er eingespeist oder selbst genutzt wird.

Der derzeitige Wert des Deponiegases bei Verstromung in BHKW ohne relevante Wärmenutzung wird bestimmt durch die Einspeisevergütung nach dem EEG (7,11 Cent/kWh bei bestehenden Anlagen bis 500 kW), sowie den Wirkungsgrad und die Kosten der Verstromungsaggregate und kann mit 2 bis 2,5 Cent/kWh angesetzt werden.

Ein durchgerechnetes Beispiel mit der vorgestellten Konzeption inklusive der Capston-Mikrogasturbinen Typ CR 65, als auch der erforderlichen Deponiegasaufbereitung und den Luft/Luft-Wärmetauscher ergab bereits ohne die Berücksichtigung der Energieeinsparung an der RTO eine Amortisationszeit von ca. 4 Jahren allein durch die Stromproduktion. Die in der RTO eingesparte Energie verkürzt die Amortisationszeit nochmals. Die positiven Effekte der Korrosionsvermeidung, die ja Anlass der Überlegungen waren und einen zusätzlichen monetären Wert haben, sind hierbei noch nicht berücksichtigt.

### **3 Fazit**

Das vorgestellte Konzept zur Korrosionsvermeidung in den RTO der MBA mittels in Kraft-Wärme-Kopplung betriebener Mikrogasturbinen ist technologisch sinnvoll und wirtschaftlich darstellbar.

Mit dem Deponierungsverbot unvorbehandelter Abfälle zum 1. Juni 2005 entstanden Anlagen mit MBA-Technologien oft in Verbindung mit TASI-konformen Deponien. Gerade diese räumliche Nähe bietet eine gute Möglichkeit durch Nutzung des Deponiegases, ein wirtschaftliches Verfahren zur Korrosionsvermeidung in der RTO einzusetzen.

Die positiven Auswirkungen des beschriebenen Konzeptes auf den Klimaschutz durch bessere Energieeffizienz und geringere Emissionen der MGT im Verhältnis zu Kolbenmotoren sprechen ebenso für dessen Weiterverfolgung wie die erweiterte Möglichkeit einer standortangepassten Deponiegasverwertung.

#### 4 Literatur

- [1] MBA-Steckbriefe 2010/2011; Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung; Ennigerloh, Februar 2010
- [2] Carlowitz/ Neese, Problemkreise beim Betrieb von RTO-Anlagen im Rahmen von MBA-Prozessen, Tagungsband: Internationale 7. ASA-Abfalltage 2008 „Leistungsfähigkeit der MBA“, Seite 183 – 201, Verlag ORBIT e.V., Weimar 2008, ISBN 3-935974-14-0
- [3] Reichenberger/ Dr. Schricker/ Sterzig, Thermische Oxidation mit regenerativer Wärmerückgewinnung (RTO), Müll und Abfall, Ausgabe 4 – 2010, Seite 181 - 189
- [4] Tagungsband: Internationale 8. ASA-Abfalltage „MBA-Technologie – Schaltstelle für Stoffströme und Energieeffizienz“ Verlag ORBIT e.V., Weimar 2010, ISBN 3-935974-28-0