

---

## Deponiegas: Klimaschutz durch die thermische Behandlung methanhaltiger Schwachgase Vergleich verschiedener Gasbehandlungskonzepte

---

### Autoren:

Dipl.-Phys. Lutz Kügler, C-deg

environmental engineering GmbH

Dipl.-Ing. Axel Ramthun, Göbel Energie- &

Umwelttechnik Anlagenbau GmbH

Dr. Alexander Thrun, TDL Energie GmbH





## Zusammenfassung

Aufgrund des hohen Treibhauspotentials von Methan werden seit 2013 auch Deponiegasprojekte im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) gefördert. Ziel der Initiative ist die spürbare Reduktion der Treibhausgasemission in der Abfallwirtschaft. Im Rahmen der NKI wurden neue Deponieentgasungskonzepte entwickelt. Diese verändern für eine Vielzahl von Deponien die Betriebsbedingungen für die Entgasungsanlagen. Hersteller von Anlagen zur thermischen Behandlung der jetzt oft nur schwach methanhaltigen Deponiegase entwickelten in der Folge neue Anlagenkonzepte. Technisch ist es nun möglich, Deponiegas mit nur noch 1 Vol.-% Methan autotherm zu behandeln. Oberhalb von 12 Vol.-% können weiterhin klassische Verbrennungsanlagen zum Einsatz kommen. Bei Konzentrationen deutlich unterhalb von 12 Vol.-% Methan werden Anlagenkonzepte wie die regenerative thermische Oxidation (RTO) oder Fackelanlagen mit regenerativer Brenngas- und Luft-Vorwärmung aus dem Abgasstrom (RTX) eingesetzt. RTO-Anlagen benötigen immer einen großen Luftüberschuss zur Kühlung der bei der Verbrennung freigesetzten Energie. RTX-Anlagen setzen Deponieschwachgas mit einem geringen Luftüberschuss um. Dies hat zur Folge, dass die Gebläseleistung einer RTO-Anlage je nach Methangehalt des Deponiegases im Vergleich zur RTX-Anlage um das 6-fache größer sein muss. Dadurch steigen der Stromverbrauch und damit die Betriebskosten bei der Behandlung mit RTO-Technik. Zusätzlich führt der höhere Stromverbrauch zu einer höheren CO<sub>2</sub>-Emission. Ein weiterer Vorteil der RTX-Technologie ist die kontinuierliche Betriebsweise, so dass der bauartbedingte Methanschluß der RTO-Technologie vermieden wird.

## 1 Einführung / Problembeschreibung

Der Kohlenwasserstoff Methan weist in der Atmosphäre einen ca. 25-fach stärkeren Klimaeffekt<sup>[1]</sup> als das allseits diskutierte Kohlenstoffdioxid auf. Es sollten daher alle Anstrengungen unternommen werden, die Emission von Methan in die Atmosphäre zu verhindern, z. B. durch den Einsatz von thermischen Behandlungsanlagen für methanhaltige Schwachgase aus Deponien. Die deutsche Abfallwirtschaft trägt seit 2013 aktiv und engagiert im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI)<sup>[2]</sup> ihren Anteil zur Minderung der Treibhausgasemission bei. Gefördert werden hier Projekte zur Optimierung der Deponiegaserfassung und Projekte zur Deponiebelüftung. Aus den Projekten resultierende



veränderte Betriebsbedingungen können zu größeren Gasabsaugmengen aus Deponien bei gleichzeitig sinkenden Methankonzentrationen führen.

Hersteller deponiegastechnischer Anlagen haben deshalb in den letzten Jahren neue Anlagenkonzepte für die thermische Behandlung schwach methanhaltiger Deponiegase entwickelt bzw. vorhandene Konzepte angepasst. Technisch ist es nun möglich, Deponiegas mit nur noch 1 Vol.-% Methan autotherm zu behandeln. Dies entspricht einer Verdünnung des noch entstehenden Deponiegases durch die Absaugung um das mindestens 50-fache.

Neben den Möglichkeiten der neu entwickelten Anlagentechnologie gilt zu berücksichtigen, dass jede Anlagentechnik einen gewissen Energiebedarf aufweist, welcher vor allem durch die verwendeten elektrischen Verbraucher entsteht. Im Jahre 2019 wurde im bundesdeutschen Durchschnitt lediglich 42% des verbrauchten Stroms klimaneutral über erneuerbare Energien erzeugt<sup>[3]</sup>, so dass auch der Betrieb von Anlagen zur Behandlung von methanhaltigen Gasen über den Stromverbrauch mit einer nicht zu vernachlässigen, indirekten CO<sub>2</sub>-Emission einhergeht. Zusätzlich sind neben dem ökologischen Fußabdruck auch die Betriebskosten der Anlage zu berücksichtigen, so dass beide Aspekte über den Betriebszeitraum, welcher in der Regel zwischen 10 bis 30 Jahre betragen sollte, betrachtet werden müssen.

Deponien waren aufgrund von biochemischen Abbauprozessen organischer Verbindungen und Materialien im Müll schon immer für die Emission von kohlenstoffhaltigen Gasen, vor allem von Methan und Kohlenstoffdioxid, verantwortlich. Das gefasste Deponiegas hatte eine Methankonzentration, mit der Gasmotoren zur Erzeugung elektrischen Stroms und Wärme betrieben werden konnten. Nach Beendigung weiterer Einlagerung von deponiegasrelevantem Müll auf Deponien im Jahr 2005 nahm die Deponiegasproduktion und damit oft einhergehend auch die Konzentration des Methans im abgesaugten Deponiegas so sehr ab, dass ein Betrieb von Gasmotoren (BHKW-Anlagen) an vielen Standorten inzwischen nicht mehr möglich ist. Dennoch muss das weiter entstehende Deponiegas gefasst werden, damit das Methan mit seiner extrem klimarelevanten Wirkung unschädlich gemacht werden kann. Hier ist zurzeit die Verbrennung von Methan die wirtschaftlich oft sinnvollste Behandlungsmethode.

Wie jedoch bereits der Betrieb von Gasmotoren nur möglich ist, wenn die Methankonzentration oberhalb einer technisch bedingten Mindestkonzentration liegt, stellt auch die Verbrennung von Deponiegasen mit sinkender Methankonzentration eine immer



größere technische Herausforderung dar. Idealerweise verläuft der Betrieb der Anlagen autotherm, das heißt, die Verbrennung des Deponiegases findet ohne zusätzliche Energiezufuhr, zum Beispiel durch Beimischung eines zusätzlichen energiereichen Stützgases, statt. Der zum Betrieb benötigte elektrische Energiebedarf steht dabei in einem Zusammenhang zur Methankonzentration des Deponiegases. Je nach Verfahrenstechnik gibt es hierbei aber signifikante Unterschiede. Die wichtigsten Verfahren werden nachfolgend vorgestellt.



## **2 Darstellung und Vergleich der Anlagenkonzepte für die Deponiegasverbrennung**

Bei der Verbrennung von Methan läuft unabhängig von der Anlagentechnik immer die gleiche Reaktion ab: Ein Methanmolekül reagiert mit zwei Sauerstoffmolekülen. Dabei entstehen ein Kohlenstoffdioxidmolekül und zwei Wassermoleküle, welche den Abgasstrom der Verbrennung ausmachen. Bei dieser Reaktion wird Energie freigesetzt, so dass sich die Temperatur des Abgases um den Betrag  $\Delta T$  erhöht. Je höher der Brennwert, also der Methangehalt ist, desto höher ist die stöchiometrische Verbrennungstemperatur und desto mehr Kühlluft muss eingesetzt werden, um die Abgastemperatur auf einem für die eingesetzte Technik akzeptablen Niveau zu halten. Dies hat zur Folge, dass damit auch die installierte Leistung der Luftgebläse und damit der Energieverbrauch der Anlage steigt. Um sie zu vergleichen, wird bei der Bestimmung der Arbeitsbereiche für die verschiedenen Anlagentypen und ihres jeweiligen Luftbedarfs zur Durchführung des Verbrennungsprozesses das Deponiegas stets als inert sauerstofffrei betrachtet. Dies ist eine Grenzwertbetrachtung. Sollte Sauerstoff im abgesaugten Gas enthalten sein, vereinfachen sich die Anforderungen an die Verbrennung und der Arbeitsbereich der Anlagen, bezogen auf den Parameter Methan, verschiebt sich zu geringeren Methankonzentrationen.

### **2.1 Standard-Verbrennungsanlagen für Deponiegase mit Methankonzentrationen $\geq$ 12 Vol.-%**

Lange Zeit standen auf Deponien typische Bodenfackeln mit isolierter Brennkammer und Abgastemperaturen oberhalb von 1.000 °C. Diese Bodenfackeln wurden bis zu einer Methankonzentration von > 25 Vol.-% betrieben. Dies war sicherheitstechnisch gefordert, da ein Methan-Luft-Gemisch oberhalb einer Methankonzentration von 25 Vol.-% nicht explosiv ist.

Explosivität von Deponiegas ist aber nur möglich, wenn das Deponiegas gleichzeitig einen Sauerstoffanteil besitzt, der größer als 12 Vol.-% ist. Beschränkt man sich beim Explosionsschutz auf die Überwachung des Sauerstoffanteils im Deponiegas, so ließe sich theoretisch ein Deponiegas bis zu einer minimalen Methankonzentration von 10 Vol.-% mit einer klassischen Bodenfackel verbrennen. Am Markt gibt es für diesen Anlagentyp

verschiedene konstruktive Lösungen, die sich geringfügig in der Ausgestaltung des Brenners sowie der Verbrennungsluftmengenregelung unterscheiden, denen jedoch gemein ist, dass sie das Deponiegas/ Luftgemisch ohne jede Vorwärmung der beiden Stoffströme verbrennen.

Die autotherme Verbrennung bei 10 Vol.-% Methan ist aber nur ein theoretischer Grenzwert unter Vernachlässigung jeglicher Wärme- und Strahlungsverluste während des Prozesses und die Verbrennungsluftmenge entspräche der stöchiometrischen Luftmenge ohne einen signifikanten Luftüberschuss. Tatsächlich aber sind Verluste nicht zu verhindern und ein Luftüberschuss ist notwendig, um eine vollständige Umsetzung des Methans sicherzustellen. Im praktischen Anwendungsfall liegt die minimale Methankonzentration für die autotherme Verbrennung bei 12 Vol.-%.

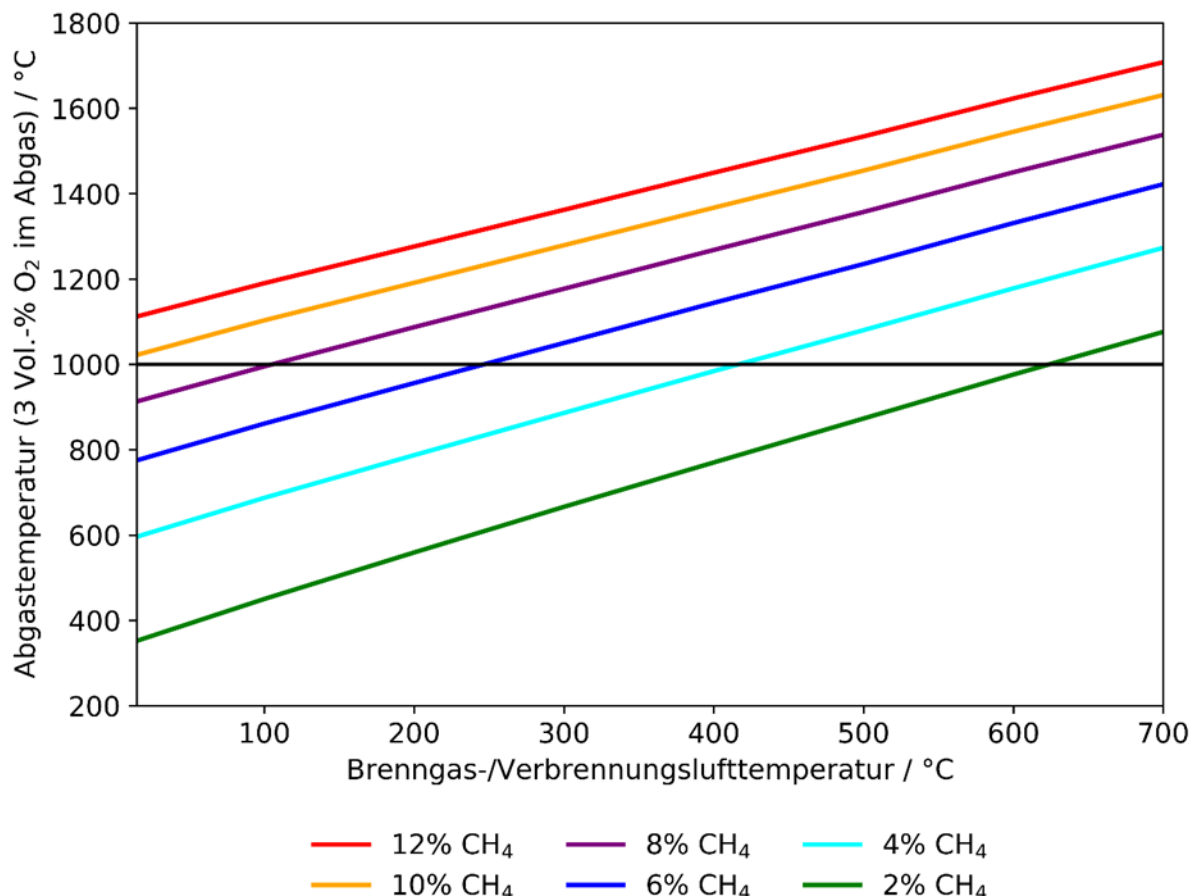


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Brenngas-/Verbrennungsluft- und Abgastemperatur bei 3 Vol.-% O<sub>2</sub> im Abgas für verschiedene Methankonzentrationen im Deponiegas. Bei CH<sub>4</sub>-Konzentrationen unterhalb von 10% kann ohne vorgewärmte Umgebungsluft eine Abgastemperatur von 1000 °C nicht mehr erreicht werden.



Der Energieverbrauch einer Standard-Verbrennungsanlage (für Methankonzentrationen ab 12 Vol.-%) beschränkt sich im Wesentlichen auf die Förderung des Deponiegases. Die erforderliche Verbrennungsluft saugt eine Bodenfackel durch den Kaminzug in der Brennkammer ohne zusätzlichen Energieaufwand selbstständig aus der Umgebung an.



## **2.2 HTX-Schwachgas-Verbrennungsanlage mit regenerativer Luftvorwärmung für Deponiegase mit Methankonzentrationen $\geq 6$ Vol.-%**

Durch Vorwärmung der Verbrennungsluft kann die ursprüngliche Grenze von 12 Vol.-% Methan für die autotherme Verbrennung deutlich gesenkt werden. Dazu wird meist ein Wärmetauscher genutzt, der die Temperatur des Abgases auf die Luft überträgt. Heizt man die Luft bis auf 700 °C auf, können Deponiegase bis zu einer Methankonzentration von 6 Vol.-% verbrannt werden. Da die Verbrennungswärme genutzt wird, handelt es sich bei der Vorwärmung um einen rekuperativen Effekt ohne zusätzlichen Wärmebedarf.

Die Verbrennungsluft muss für diesen Vorgang mithilfe eines Luftgebläses gefördert werden, welches den Gegendruck des Wärmetauschers und der Brennkammer überwindet. Die erforderliche Luftmenge ist dabei immer etwas größer als die stöchiometrisch erforderliche Luftmenge.

## **2.3 RTO-Anlage für Deponiegase mit Methankonzentrationen $\geq 1$ Vol.-%**

Eine RTO-Anlage (s. Abbildung 2) besteht aus einer oder mehreren Kammern, die eine Schüttung mit keramischen Füllkörpern beinhaltet. Durch eine Heizung oder einen Brenner wird eine Zone des Schüttmaterials vor dem eigentlichen Betrieb auf circa 1.000 °C aufgeheizt. Vor dem Eintritt in die RTO-Anlage wird dem Deponiegas eine ausreichend große Luftmenge beigemischt. Dieses zunächst kalte Gas-Luft-Gemisch heizt sich nun bei der Durchströmung durch die Schüttung an den vorgeheizten Füllkörpern auf, und die Reaktionen zwischen Methan und Sauerstoff beginnen. Die Reaktionshäufigkeit steigt mit zunehmender Temperatur, und auf einem Temperaturniveau von 900 bis 1.000°C ist die Umsetzung des Methans praktisch vollständig. Da bei der Reaktion des Methans mit Sauerstoff Energie freigesetzt wird, führt dies zu einer weiteren Temperaturerhöhung  $\Delta T$  des Gas-Luftgemischs und somit zu einem weiteren Aufheizen der Füllkörper. Die thermische Beständigkeit und insbesondere die Stabilität der Füllkörper erreicht bei einer Temperatur von circa 1.100 °C ihre obere Grenze, so dass das Deponiegas mit Luft derart hoch verdünnt werden muss, dass die resultierende Temperaturerhöhung  $\Delta T$  mit ca. 200°C entsprechend gering ausfällt. Für die Standard-Verbrennungsanlage betrug die zulässige Temperaturerhöhung noch  $> 1.000^\circ\text{C}$ .





Abb. 2: RTO-Anlage

Für einen thermisch stabilen Betrieb der RTO-Anlage darf die Konzentration des Methans innerhalb des Gemisches nicht größer als 1 Vol.-% sein. Einem Deponiegas mit einer Methankonzentration von 6 Vol.-% muss also mindestens die 5-fache Menge an Luft zugeführt werden, einem Deponiegas mit einer Methankonzentration von 30 Vol.-% sogar die etwa 30-fache Menge an Luft. Der Verdünnungsfaktor bzw. die erforderliche Luftmenge vergrößert sich also mit steigender Methankonzentration im Deponiegas. Dies bedeutet auch, dass der Betrieb einer RTO-Anlage mit Deponiegas im Vergleich zur klassischen Verbrennung immer mit einem Vielfachen der erforderlichen Luftmenge durchgeführt wird. Aufgrund der hohen erforderlichen Luftmengen steigt somit auch der Energieverbrauch der Verbrennungsanlage.

Eine weitere Besonderheit ist die Tatsache, dass bei kontinuierlichem Betrieb der RTO-Anlage, aufgrund der Durchströmung durch die Füllkörper, die Wärme aus dem System getrieben wird, sich der Wärmespeicher der RTO-Anlage also selbständig abkühlt. Durch regelmäßigen Wechsel der Durchströmungsrichtung wird das vollständige Abkühlen des Wärmespeichers verhindert, und die Wärme bleibt in der keramischen Schüttung gebunden. Allerdings hat der Umschaltvorgang eine klimaschädliche Nebenwirkung: Bei jedem Wechsel der Strömungsrichtung erfährt eine bestimmte Menge des Gas-Luft-Gemisches nicht die erforderliche Temperaturerhöhung, weil es nicht bis zur heißen Zone der Schüttung



gelangt. Bei diesem Anteil wird Methan gar nicht oder nur unvollständig umgesetzt. Die Folge sind Emissionsspitzen von Methan immer zum Zeitpunkt der Strömungsumschaltung. Der Methanschluß einer RTO-Anlage kumuliert sich im Lauf der Betriebszeit zu relevanten Mengen und ist bei der Bewertung der Klimafreundlichkeit dieser Anlagentechnik zu berücksichtigen. Klassische, kontinuierlich arbeitende Verbrennungsanlagen weisen keinen Methanschluß auf.

#### **2.4 RTX-Anlage für Deponiegase mit Methankonzentrationen $\geq 2$ Vol.-%**

Verbrennungsanlagen mit rekuperativer Luftvorwärmung können Deponiegase nur bis zu einer Methankonzentration von 6 Vol.-% und mehr behandeln. Es gibt eine Grenze, unterhalb welcher die Temperatur des Luftmassenstroms nicht mehr für den autothermen Betrieb ausreicht. Dies liegt daran, dass der Luftmassenstrom als aufzuheizendes bzw. wärmetragendes Medium nur eine Teilmenge des Abgasmassenstroms ist, welche die gesamte freigesetzte Energie trägt. Daher kann immer nur eine Teilmenge der Abgasenergie durch den Wärmetauschprozess auf die Luft übertragen werden. Es ist daher vorteilhaft und konsequent, neben der Luft auch das Deponiegas rekuperativ über den Abgasstrom vorzuwärmen. In diesem Fall sind die aufzuheizenden Massenströme gleich dem Abgasmassenstrom und die minimale Methankonzentration, die verbrannt werden kann, hängt nur noch vom Wirkungsgrad des Wärmetauschers ab. Je höher die Erwärmung von Deponiegas und Luft, desto geringer konzentrierte Methangehalte können verbrannt werden. Bei einem ausreichend dimensionierten Wärmetauscher kann Deponiegas bis zu einem Methangehalt von 2 Vol.-% autotherm mithilfe einer RTX-Anlage (s. Abbildung 3) verbrannt werden und erreicht damit fast die Grenzen einer RTO-Anlage.

Im Gegensatz zur RTO-Anlage bleiben beim RTX-Verfahren die Vorteile der klassischen Verbrennungstechnik erhalten, d. h. ein kontinuierlicher Betrieb ohne die RTO-spezifischen Methanspitzen sowie ein gegenüber der RTO-Anlage deutlich geringerer Verbrennungsluftbedarf, insbesondere bei höheren Methankonzentrationen. Durch Regelung der Abgasmenge, die über den Wärmetauscher geleitet wird, lässt sich das Aufheizen von Deponiegas und Luft auf das Temperaturniveau steuern, das zur autothermen Verbrennung des Deponiegases gerade notwendig ist. Da keine temperaturempfindlichen Keramiken als Schüttung in der Brennkammer zum Einsatz kommen, wird auch keine zusätzliche Kühl- bzw. Verdünnungsluft benötigt. Die

Temperaturerhöhung  $\Delta T$  kann bei der RTX gegenüber einer RTO größer ausfallen (s. Abbildung 4), was im Fall der nachfolgenden Wärmenutzung zu einer höheren Effizienz führt. Die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge bleibt immer niedrig und unabhängig vom Methangehalt des Deponiegases.



Abb. 3: RTX-Anlage



## 2.5 Vergleich zwischen RTO- und RTX-Technologie

Beide Verfahren haben das Ziel, Deponiegase mit sehr verschiedenen Zusammensetzungen sicher zu verbrennen, bis hin zu Gasen, die unter normalen Umgebungsbedingungen nicht mehr brennbar sind. Bei diesen Schwachgasen ist der Anteil an oxidierbaren und Energie freisetzenden Komponenten so gering, dass die löschende Wirkung all ihrer nicht an der chemischen Umsetzung beteiligten Komponenten, also Kohlenstoffdioxid, Stickstoff und der Sauerstoffüberschuss, eine sich selber aufrecht haltende Verbrennung verhindern. Um der löschenden bzw. kühlenden Wirkung dieser Komponenten entgegenzuwirken, muss zusätzliche Energie in den Verbrennungsprozess investiert werden. Bei der RTO-Technologie geschieht dies durch einmaliges Aufheizen von keramischen Füllkörpern mittels externer Energie (s. Abbildung 4). Die Masse dieser Füllkörper bestimmt dann im Wesentlichen die notwendige Energiemenge und die zeitliche Dauer des Aufheizens. Aus dem kalten Zustand heraus benötigt eine RTO-Anlage mehrere Stunden, bis sie soweit aufgeheizt ist, dass der eigentliche Prozess gestartet werden kann. Die Methankonzentration des Deponiegases spielt für die Dauer des Aufheizvorgangs keine Rolle. Die in den Füllkörpern gespeicherte Energie verbleibt danach nur deswegen in der Schüttung, weil die Durchströmungsrichtung regelmäßig umgeschaltet wird.

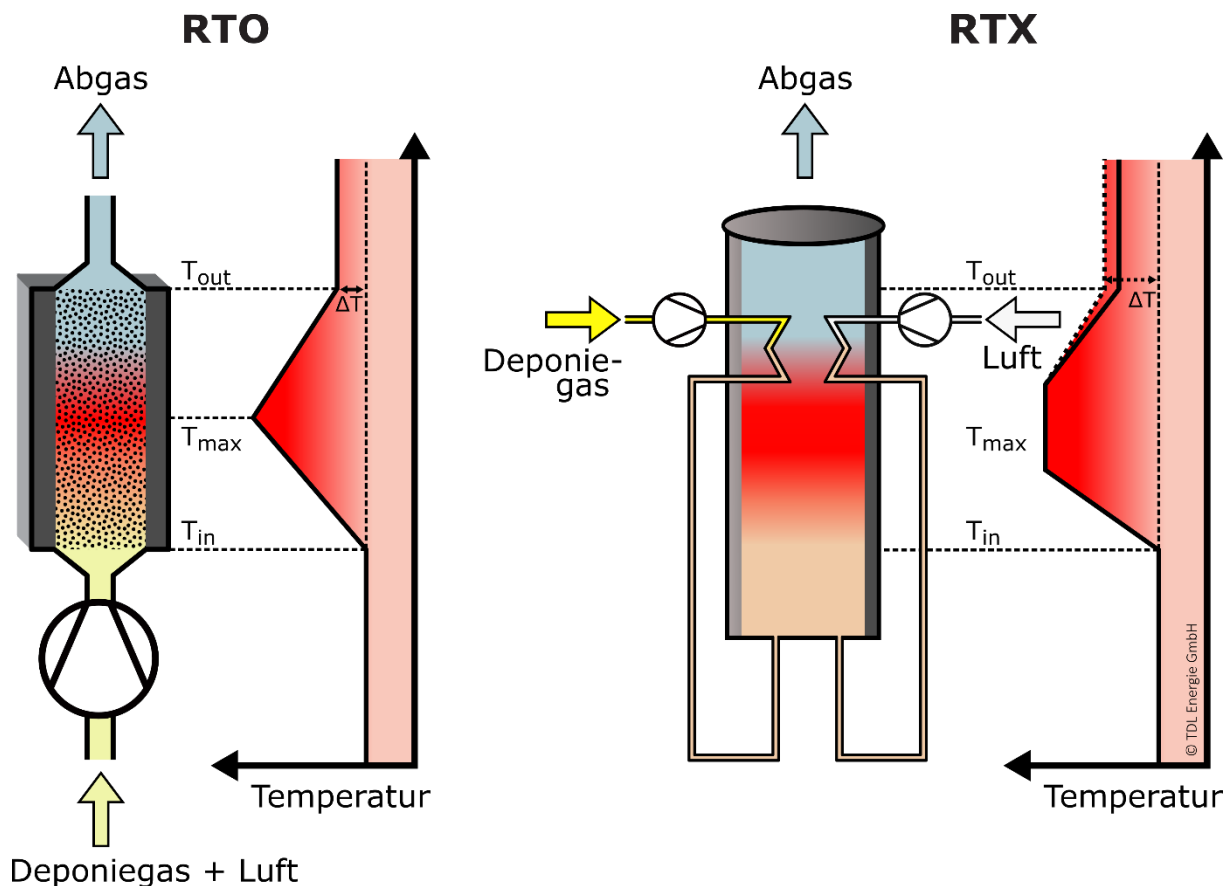


Abb. 4: Schematische Darstellung einer RTO- bzw. RTX-Anlage mit dem jeweiligen Temperaturprofil in der Kammer. Aufgrund der Bauweise benötigt die RTO-Technik ein kleines  $\Delta T$  im Abgas, welches nur durch einen erhöhten Luftvolumenstrom erreicht werden kann, das  $\Delta T$  der RTX-Technologie ist hingegen variabel.

Andernfalls würde die zuvor investierte Energie mit der Strömung langsam aus der Schüttung getrieben werden. Dieser notwendige Umschaltprozess hat die negative Konsequenz, dass sich im Abgas Emissionsspitzen von nicht verbrannten Komponenten zeigen. Die für das RTO-Verfahren benötigte Luft ist stets ein Vielfaches der stöchiometrischen Luftmenge, also der eigentlichen Luftmenge, die notwendig ist, damit das Methan im Deponiegas vollständig umgesetzt wird. Die Vervielfachung steigt dabei mit höher werdender Methankonzentration. Die Vermeidung der Emissionsspitzen ist technisch möglich, erfordert jedoch zusätzlichen baulichen und betrieblichen Aufwand, z. B. durch die Installation eines dritten Keramikbetts oder eines Pufferspeichers.

Bei der RTX-Technologie wird die zusätzliche Energie vollständig rekuperativ aus der hohen Temperatur des Abgases gewonnen. Damit dieser Prozess gestartet werden kann, muss mittels eines Startbrenners einmalig die Abgasenergie durch den Wärmetauscher gefahren werden, um das Aufheizen von Deponiegas und Luft zu initiieren. Danach kann das Startgas



weggeschaltet werden. Die Dauer dieses Vorgangs hängt stark von der Methankonzentration im Deponiegas ab: Hat das Gas eine vergleichsweise hohe Konzentration von mehr als 12 Vol.-%, dann dauert diese Aufheizphase nur wenige Minuten. Bei sehr niedriger Konzentration im einstelligen Prozentbereich kann dieser Vorgang bis zu zwei Stunden dauern.

Vor allem aber ist die RTX-Technologie ein strömungstechnisch kontinuierlicher Prozess, der zu einer kontinuierlich vollständigen Umsetzung des Methans führt und keine Emissionsspitzen zeigt. Die für das RTX-Verfahren benötigte Luftmenge beträgt höchstens das 1,5-fache der stöchiometrischen Luftmenge.

Für eine Feuerungsleistung von 300 kW<sub>th</sub> liegt die stöchiometrisch benötigte Luftmenge unabhängig von der Methankonzentration bei weniger als 300 Nm<sup>3</sup>/h. Eine RTX-Anlage benötigt, je nach Methangehalt des Deponiegases, zwischen 600 Nm<sup>3</sup>/h im niederkalorischen Bereich und ca. 400 Nm<sup>3</sup>/h im höherkalorischen Bereich. Die Diskrepanz zwischen den Anforderungen an die Luftmenge der RTX- und RTO-Technologien steigt mit höherem Methangehalt drastisch an (s. Abbildung 5). Liegt das Verhältnis der Luftmengen von RTO zu RTX bei einer Methankonzentration von 2 Vol.-% noch bei einem Faktor von 2, so benötigt eine RTO-Anlage bei höheren Methankonzentrationen die 6- bis 7-fache Luftmenge einer RTX-Anlage, um einen stabilen Betrieb aufrecht zu erhalten.

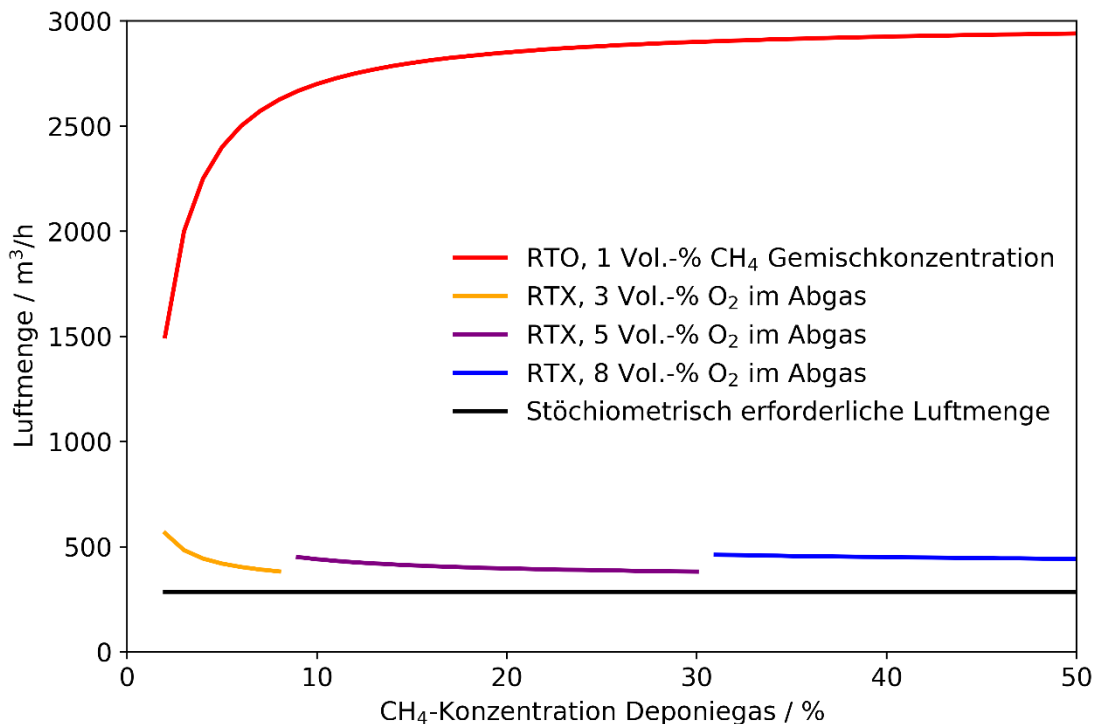


Abb. 5: Benötigte Luftmengen in Abhängigkeit von der Methankonzentration für eine Feuerungsleistung von 300 kW<sub>th</sub>. In erster Näherung ist der Druckverlust  $\Delta p$  durch Wärmetauscher bzw. Keramikschüttung für die RTX- bzw. RTO-Technologie vergleichbar.

Als Verbrennungsanlage mit 300 kW thermischer Leistung und einem typischen Anlagendruckverlust von 30 mbar benötigt eine RTX-Anlage gegenüber einer RTO-Anlage ca. 5 kWh je Betriebsstunde weniger elektrische Energie (s. Abbildung 6). Der Minderbedarf an elektrischem Strom für die Verbrennungsluftförderung kumuliert sich über 10 Betriebsjahre auf 400.000 kWh. Unter Berücksichtigung der aktuellen Strompreise (ca. 0,20 €/kWh) führt dieser Mehrbedarf über 10 Jahre zu zusätzlichen Betriebsausgaben für eine RTO-Anlage gegenüber einer RTX-Anlage von ca. 80.000 Euro.

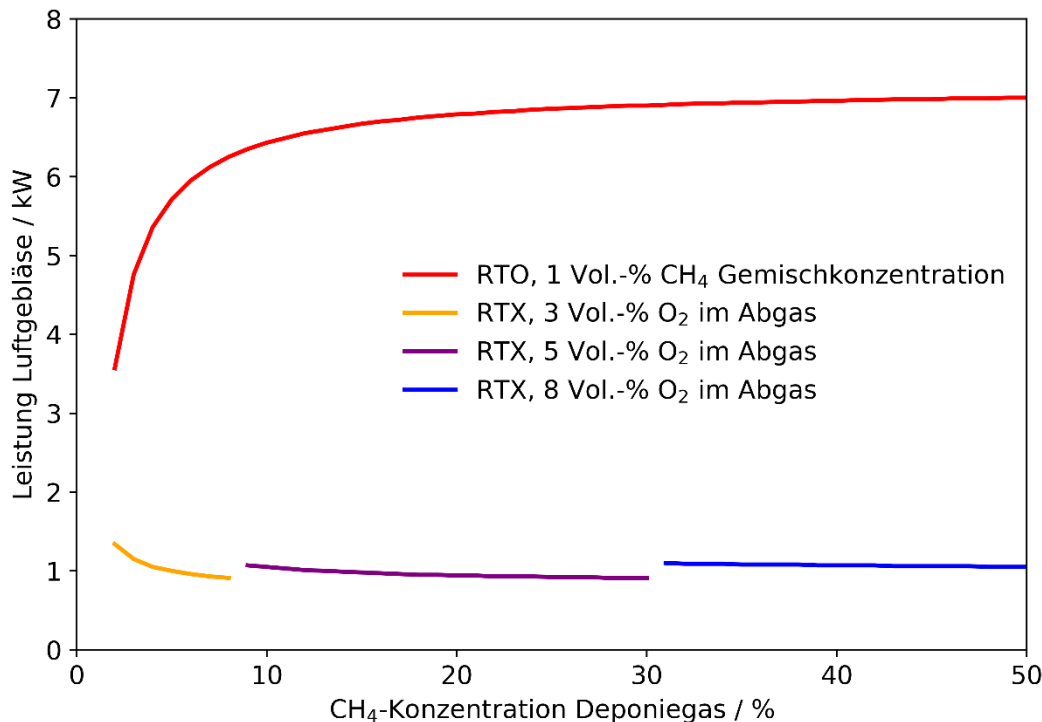


Abb. 6: Benötigte Leistung des Luftgebläses in Abhängigkeit von der Methankonzentration für eine Feuerungsleistung von 300 kW<sub>th</sub>.

Darüber hinaus führt der erhöhte Stromverbrauch des RTO-Gebälases, basierend auf dem aktuellen Strommix (ca. 400 g CO<sub>2</sub>/kWh) [4], zu einer zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emission von ca. 16 t CO<sub>2</sub>/Betriebsjahr. Der zusätzliche Methanschluß einer RTO beträgt für eine 300 kW<sub>th</sub>-Anlage pro Betriebsjahr ca. 60 t an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

### 3 Fazit

Hersteller deponiegastechnischer Anlagen haben in den letzten Jahren erfolgreich neue Anlagenkonzepte für die thermische Behandlung schwach methanhaltiger Deponiegase entwickelt. Die für die Gasbehandlung zur Verfügung stehenden Anlagentypen reichen von der optimierten Standard-Verbrennungsanlage ab 12 Vol.-% Methan bis zur für die Deponiegasbehandlung angepassten RTO-Anlage.

Die RTO-Technologie ist ursprünglich zur Behandlung beladener und kontaminierter Abluft, die bei diversen Produktionsprozessen anfällt, entwickelt worden. Diese Abluft wird dadurch charakterisiert, dass ihre Konzentration an oxidierbaren Inhaltstoffen eher niedrig und der zur Umsetzung notwendige Sauerstoff bereits im Überfluss vorhanden ist. Wendet man





RTO-Technologie auf die Behandlung von Deponiegas an, dann muss durch die entsprechend hohe Zumischung von Luft zunächst ein Gemisch erzeugt werden, das die Eigenschaften einer Abluft erfüllt.

Mangels Alternativen waren RTO-Anlagen lange Zeit die einzige zur Verfügung stehende technische Lösung, um Deponiegase mit geringer Methankonzentration autotherm zu verbrennen. Inzwischen ist aber die Entwicklung der regenerativen Schwachgasverbrennung mit der RTX-Technologie soweit fortgeschritten, dass mit ihrer Hilfe auch Schwachgase mit extrem niedriger Methankonzentration verbrannt werden können.

Die entscheidenden Vorteile einer RTX-Anlage gegenüber einer RTO-Anlage sind das schnellere Starten aufgrund kürzerer Aufheizzeiten, die kontinuierlich vollständige Umsetzung des Methans ohne Emissionsspitzen und der deutlich geringere Luftbedarf, welcher sich in den Einsparungen der Betriebskosten signifikant bemerkbar macht.

Methanschluß führen dazu, dass im Vergleich zum RTO-Verfahren durch den Einsatz der RTX-Technologie weniger CO<sub>2</sub>-Äquivalente freigesetzt werden und dadurch der ökologische Fußabdruck für den Klimaschutz deutlich vorteilhafter ist.

#### 4 Quellen

[1] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>

[2] Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“

[3] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#statusquo>

[4] <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/bilanz-2019-co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom>