Es kommt auf den Prozess an

Auch wenn sie nicht unumstritten ist, spielt die thermische Verwertung von Abfällen weltweit eine wichtige Rolle. Die Bedeutung wird vermutlich in Zukunft noch weiter zunehmen, da es in vielen Ländern derzeit die einzige Lösung ist, um den steigenden Abfallbergen einigermaßen schnell Herr zu werden. Dominant ist seit Jahren die klassische Verbrennung von Abfällen. Alternative Verfahren konnten sich bisher kaum durchsetzen, da es meist an Wirtschaftlichkeit, Effizienz, Verfügbarkeit, Funktion und an der Einhaltung von Umweltstandards mangelte. Diese Mängel hat die TCP Energies GmbH & Co. KG nun nach eigenen Angaben behoben. Der Duplex-Turbulent-Expansive-Carbonbed-Process (Duplex-TEC-Process) ermöglicht eine effiziente Stromgewinnung aus hochkalorischen kohlenstoffhaltigen Abfällen mittels Vergasung.

Grundsätzlich werden bei der Vergasung die organischen Teile eines festen oder flüssigen Brennstoffs durch Erhitzung unter einer sauerstoffarmen Atmosphäre in ein gasförmiges Endprodukt umgewandelt. Im Vergasungsprozess muss Sauerstoff im unterstöchiometrischen Bereich zugeführt werden, um eine unvollständige Verbrennung (Vergasung) zu ermöglichen. Das heißt die Oxidation zu CO statt CO_2. Als Vergasungsmittel werden in der Regel Luft, Sauerstoff, Wasserdampf oder Kohlendioxid verwendet. Besonders wichtig für den Vergasungsprozess sind neben den Luftverhältnissen stabile Reaktionstemperaturen über die verschiedenen Vergasungsstufen und die Verweilzeiten des Materials. Grundsätzlich lassen sich Verfahren zur Vergasung in thermische Hauptverfahren und zusätzliche Verfahrensschritte (wie etwa Abfallaufbereitung, Gasbehandlung, Abgasreinigung oder Stromerzeugung) unterteilen. Die Leistungsfähigkeit des Verfahrens wird dabei maßgeblich durch die Prozessführung des thermischen Hauptverfahrens bestimmt.

Unterschiedliche Verfahren

Bei den Vergasungsverfahren wird je nach verwendetem Vergasungsmittel zudem noch zwischen autothermen und allothermen Verfahren unterschieden. Beim autothermen Verfahren wird dem kohlenstoffhaltigen Brennstoff eine unterstöchiometrische Menge an Oxidationsmittel zugeführt. Ein Teil des Kohlenstoffs verbrennt dabei, mit der erzeugten Wärme wird der restliche Brennstoff zersetzt. Am Ende des Prozesses bleiben ein Schwachgas, Teerverbindungen, Flugaschenpartikel und feste Vergasungsrückstände (Asche und Schlacke) zurück. Wird Sauerstoff als Oxidationsmittel eingesetzt, so wird das Produktgas stickstoffarm und entsprechend heizwertreicher. Autotherme Vergasungsverfahren mit Luft als Vergasungsmittel sind die am häufigsten angewandten Verfahren zur Vergasung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen/Abfall.

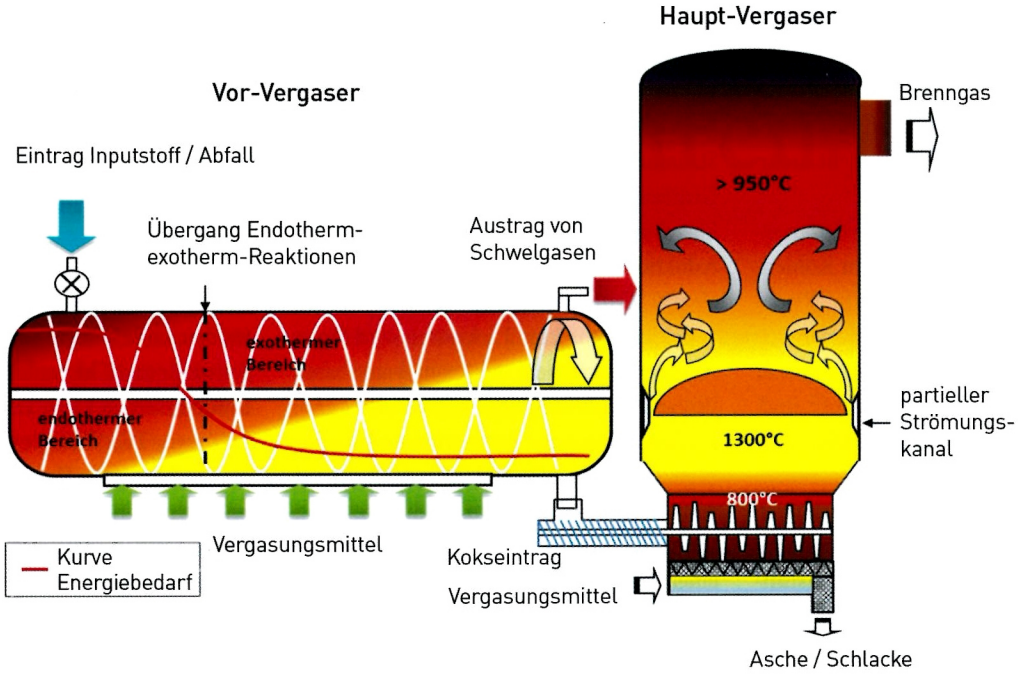
Beim allothermen Verfahren wird Dampf oder eine Mischung aus Dampf und rezirkuliertem Rauchgas an Stelle von Luft eingesetzt. Daher muss die erforderliche Energie von außen zugeführt werden. Vorteile des Verfahrens liegen im etwa doppelt so hohen Heizwert des Produktgases bei nur halb so großem Gasvolumenstrom. Dem stehen aber eine komplexe Anlagentechnik und höhere Betriebskosten durch die externe Energiezufuhr gegenüber.

Ziel der Vergasung ist eine möglichst hohe Ausbeute an heizwertreichen Gasen. Der entscheidende Faktor dafür ist die Vergasungstemperatur. Bewertet wird die Effizienz eines Vergasers unter anderem durch den Kaltwirkungsgrad, der das Verhältnis des Energiegehalts des Produktgases zum Energiegehalt des eingesetzten Brennstoffs abbildet und maximal etwa 85 Prozent betragen kann. Im Vergleich zur Verbrennung können bei der Vergasung, insbesondere durch den Einsatz von Gasmotoren (KWK-Anlagen), höhere elektrische Wirkungsgrade erzielt werden. Es wurden in der Vergangenheit immer wieder auf diesen Verfahren basierende Anlagen entwickelt, allerdings wurden in keinem Fall die Probleme in Bezug auf Verfügbarkeit, Dauerbetriebsfähigkeit, Prozessstabilität, Funktionalität und Wirtschaftlichkeit zufriedenstellend gelöst.

Unterbrechungsfreier Prozess

Diesen Problemen stellt TCP Energies nun den Duplex-TEC-Prozess gegenüber. Als charakteristisch für das Verfahren bezeichnet das Unternehmen die mehrstufige und geschlossene thermische Abfallbehandlung, die aus Trocknung, Entgasung/Verschwelung (Vorvergaser) und der mehrstufigen Ver-

MEHRSTUFIGE AUTOTHERME KOHLENSTOFF-VERGASUNG



Quelle: TCP Energies

gasung (Hauptvergaser) besteht. Durch die stoff-, druck-, gas- und strömungstechnische unterbrechungsfreie Prozesskopplung bei gleichzeitiger apparativer Trennung der Vor- und Hauptvergasung können die jeweils optimalen und erforderlichen Prozessbedingungen eingestellt werden. Durch den komplexen geschlossenen Aufbau des Duplex TEC-MSG (Turbulent Expansive Carbonbed Multi Stage Gasifier) mit einem Vorvergaser und einem Hauptvergaser im Verbund mit Wärmetauscher, Prozess-Ventilator und Vergasungsmittel-Mischstrecke mit Sauerstoff-Vorheizung wird eine kontinuierliche und autotherme Prozessführung organisiert, bei dem der kohlenstoffhaltige Abfall getrocknet, entgast und verschwelt, zu einem Kohlenstoff-Koks reduziert und weiterführend zu einem energetisch nutzbaren und brennbaren teerfreien Vergasungsgas/Brenngas konvertiert wird. Dabei erreicht das Verfahren vor allem durch die optimierte und konsequente Nutzung der Prozesswärme eine hohe Effizienz.

Anders als bei anderen Vergasungsverfahren verläuft die Prozesskette bei Duplex-TEC im thermischen Bereich über eine geschlossene mehrstufige autotherme Kohlenstoff-Vergasung mit einem Vergasungsmittel aus einem Luft-/Sauerstoffgemisch. Die bauliche Trennung von Vorvergasung zur Brennstoffkonditionierung und Hauptvergasung ermöglicht eine optimierte Prozessführung der verfahrensbedingten thermochemischen Anforderungen.

Im Duplex-TEC-Prozess werden die hochkalorischen Abfälle nach einer mechanischen Konditionierung, der weitgehenden Abscheidung von Metallen und anderen inerten Stoffen nach Bedarf einem Trockner zugeführt. Im Trockner wird das aufbereitete Rohmaterial auf eine prozesstechnische Restfeuchte von etwa 10 bis 15 Masseprozent vorgetrocknet und dem Vorvergaser automatisch und kontinuierlich zugeführt.

Im Vorvergaser, bestehend aus einem geschlossenen, stationären und horizontal ausgerichtetem Zylinder, mit autothermer Prozessführung und unter Zugabe von rekuperativ vorgewärmter und mit Sauerstoff angereichter Luft, wird der Abfall auf mittlere Temperaturen von etwa 400 bis 600 °C aufgeheizt. Unter gesteuerten Betriebsbedingungen wie Druck, Temperatur, Sauerstoffzufuhr, vektorielle Durchmischung sowie Aufheiz- und Verweilzeit in den verschiedenen Temperaturzonen des Reaktors erfolgt eine Umsetzung zu Koks und Schwelgas. Aufgrund der erzwungenen Relativbewegung des Abfalls über vektorielle, skalare Schub- und Drehimpulse kommt es ohne vordergründiges Mischen zu einem Vortrieb des Abfalls mit abschließender Konvertierung. Dabei wird die Restfeuchte verdampft, die organischen Verbindungen werden zu Schwelgas und Kohlenstoff umgesetzt.

Ohne stoffliche oder strömungstechnische Trennung sowie druck- und gasdicht gelangt der Kohlenstoff als Stoff-/Gasgemisch mit Schwelgasen, Wasserdampf und verschiedenen Gasanteilen direkt in den Haupt-Vergaser mit mehrstufigen Reaktionszonen. In der Grundkonfiguration ist der Hauptvergaser ein kombinierter, senkrecht aufgestellter zylinderförmiger Gleichstrom-Flugstromvergaser und besteht aus einem Vergaserunterteil mit Kohlenstoffwanne und Vergaseroberteil mit prozessspezifischen Reaktionsräumen. Anders als bei konven-

tionellen Festbettvergasern, bei denen der Eintrag des Brennstoffs oberhalb des Vergasers zugeführt wird, erfolgt der Kohlenstoffeintrag direkt in die Kohlenstoffwanne im Vergaserunterteil. Der aufsteigenden Gleichstrom-Flugstromvergasung folgend, muss das entstehende Brenngas den neu zugeführten Abfall prozessbedingt nicht mehr durchströmen.

Unter kontrollierter Zugabe von vorgeheiztem Vergasungsmittel und im Kohlenstoffbett platzierten und bewegte Mischwerkzeugen kommt es im Zusammenwirken der Wirkmechanismen durch Aufgasen, Mischen und Rühren des Kohlenstoffs und des sich einstellenden Auftriebsverhalten des Kohlenstoff-Gasgemisches zu einem quasi fluidisierten und schwebenden Turbulent Expansive Carboned (TEC). Die damit einhergehende Ausdehnung des Kohlenstoffbetts ermöglicht eine stetige und gewollte Verfügbarkeit des zugeführten Vergasungsmittels an den einzelnen Kohlenstoffpartikeln. Mit der zeitgleichen Zuführung der Schwelgase aus dem Vorprozess direkt in das Kohlenstoffbett stellen sich die gewollten Oxidations-Reduktions-Reaktionen bei > 800 °C ein. Die molekularen Kohlenstoffverbindungen brechen auf und es kommt zu einer vollständigen Vergasung hin zu einem heizwertreichen Brenngas.

Oberhalb des fluidisierten Kohlenstoffbetts – im Oxidations-Reduktions-Raum – erfolgt bei etwa 1.200 bis 1.300 °C Hochtemperatur-Vergasung mit homogenen Sekundärreaktionen eine weitere thermochemische Umsetzung der im Flugstrom nach oben mitgerissenen Kohlenstoffpartikel. Über partielle Strömungskanäle gelangt das Restfeinstaub-Gemisch turbulent weiterströmend in einen überdimensionalen zylinderförmigen Nachreduktionsraum. Bei Temperaturen von mehr als 950 °C und ausreichenden Verweilzeiten von mindestens 2 bis 3 Sekunden wird dieses vollständig zu einem teerfreien, brennbaren Vergasungsgas/Brenngas umgewandelt.

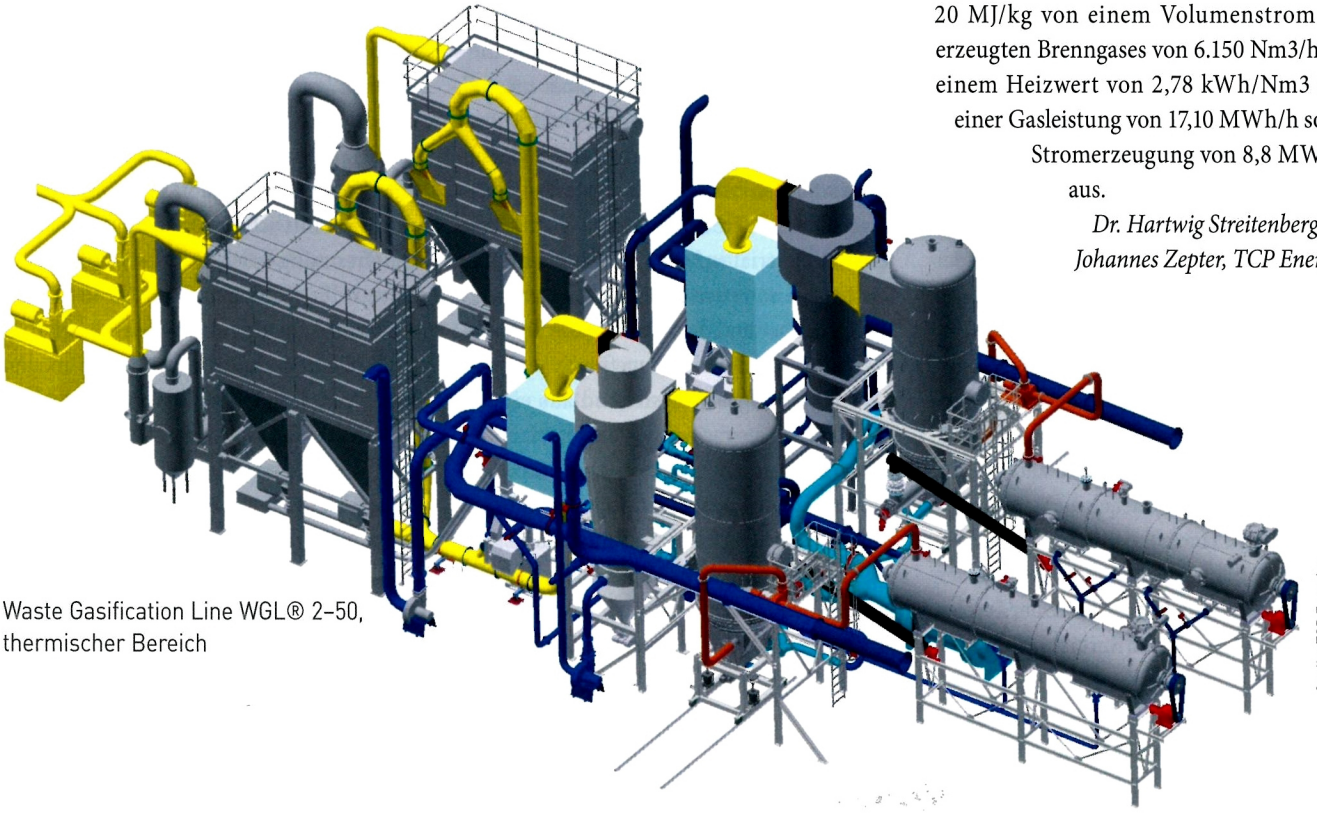
Die Austragung der inerten und konglomerierten Reststoffe und Schlacken, die aufgrund der Schwerkraft im fluidisierten Kohlenstoffbett nach unten sinken, wird über einen integrierten und strömungstechnisch separierten Reststoffaustrag bewirkt. Verstopfungen mit einhergehendem Prozessstillstand sind damit grundsätzlich ausgeschlossen.

Das entstandene Vergasungsgas, im Wesentlichen bestehend aus CO, H2, CH4, CO_2 und nur noch einem sehr geringen Anteil an Kohlenstoff-Reststaub wird im oberen Teil des Vergasers abgezogen und einem mehrstufigen Reinigungs- und Abkühlungsprozess unterzogen. Dies geschieht in einem speziellen Wärmetauscher-Zyklon, einem nachfolgenden Wärmetauscher, einem Heißgasfilter und Kompaktgaswäscher mit Natronlauge zur Neutralisierung noch vorhandener Chlor- und Schwefelanteilen. Die im Prozess vorherrschenden Bedingungen vermeiden die Entstehung von Schadstoffen wie Teeren, Phenolen, Dioxinen und Furanen.

Zahlreiche Abfälle möglich

Mit dem Duplex-TEC-Prozess können eine Reihe von organischen Abfällen behandelt werden, insbesondere auch mit einem hohen Schwefel- und Chloranteil. Der Heizwert des Inputmaterials kann von 15 bis 35 MJ/kg variieren. TCP Energies nennt unter anderem aufbereiteten Hausmüll, Shredderleicht- und Schwerfraktionen, Sortierreste, Ersatzbrennstoffe, Kunststoffe, Gummi, Reststoffe aus der Papierherstellung, Verpackungsabfälle und Verbundmaterialien, Textilien, Bitumen- und teerhaltige Abfälle, biogene Abfälle, Rinden- und Holzabfälle, getrocknete Schlämme aus betrieblicher Abwasserbehandlung, Kohle und Kohlenstaub sowie Öle, Fette und Schmiermittel in partiellen Mengen als mögliches Material. Auf Basis der Ergebnisse der langjährigen und abgeschlossenen Erprobung in einer Pilotanlage geht die TCP Energies bei einer Eintragsmenge von 3.300 kg/h mit 10 Prozent Feuchte und einem durchschnittlichen Brennwert von 20 MJ/kg von einem Volumenstrom des erzeugten Brenngases von 6.150 Nm3/h mit einem Heizwert von 2,78 kWh/Nm3 und einer Gasleistung von 17,10 MWh/h sowie Stromerzeugung von 8,8 MWh/h aus.

Dr. Hartwig Streitenberger & Johannes Zepter, TCP Energies



Waste Gasification Line WGL® 2–50, thermischer Bereich

Quelle: TCP Energies