

Verfahrensübersicht: Synthesegaserzeugung aus Biomasse

Zusammenfassung

R. Berger,
K.R.G. Hein
Universität Stuttgart,
Institut für
Verfahrenstechnik und
Dampfkesselwesen,
berger@ivd.uni-stuttgart.de

Die Erzeugung von Synthesegasen aus Biomasse ist bisher nicht kommerziell zu betreiben. Während für die Brennstoffe Kohle und Petrol-Koks großtechnische Verfahren in der Praxis eingesetzt werden, sind Verfahren auf Basis fester Biomasse erst in der Entwicklung. Ein wichtiger Grund hierfür sind die biomasse-typischen kleinen Anlagengrößen und der hierdurch entstehende Kostendruck.

Bei fossilen Brennstoffen werden meist Druck-Flugstrom- oder Festbettvergaser eingesetzt, in Deutschland wurde aber auch ein Druck-Wirbelschichtverfahren entwickelt und dessen Eignung demonstriert. Diese Verfahren eignen sich grundsätzlich auch für den Einsatz von Biomassen. Wegen des dezentralen Anfalls der Biomassen zielt die Entwicklung jedoch auf kleinere Anlagen. Es werden sowohl kleine Flugstromvergaser, wie z.B. das Carbo-V Verfahren der Firma Choren, als auch die Wasserdampfvergasung in der Wirbelschicht (TU-Wien/Austrian Energy) hierfür entwickelt. Eine weitere Variante stellt das Verfahren der gestuften Reformierung (DMT, Blauer Turm) und das AER-Verfahren (IVE, ZSW, IVD) dar. Mit Ausnahme des Carbo-V Verfahrens setzen alle Prozesse auf die Erzeugung wasserstoffreicher Produktgase, die dann in verschiedenen Syntheseprozessen zur Erzeugung von Kraftstoffen eingesetzt werden können.

Einleitung

Die Erzeugung von Synthesegasen aus festen Brennstoffen für die Petrochemie oder andere chemische Prozesse ist Stand der Technik. In den meisten Fällen wird der bei der Rektifikation des Erdöls anfallende feste Rückstand Petrolkoks eingesetzt, unter bestimmten Randbedingungen kann jedoch auch Kohle oder Abfall wirtschaftlich zum Einsatz kommen. Dahingegen ist die Verarbeitung von Biomassen wegen des dezentralen Anfalls und der damit verbundenen hohen Ernte- und Transportkosten bei Anlagengrößen von mehreren 100 MW nicht wirtschaftlich. Ziel der Forschung und Entwicklung ist es deshalb, wirtschaftliche Anlagen mit einem Durchsatz von ca. 100.000 t/a zu entwickeln.

In diesem Beitrag werden die zur Verfügung stehenden Anlagenprinzipien dargestellt und unter dem Aspekt Ihrer Eignung zur Erzeugung von Synthesegas aus Biomasse bewertet. Es werden jeweils auch vergleichbare Prozesse aus der Kohle- und Petrol-Koks-Technik erläutert [1], um aufzuzeigen, was sich dort als Stand der Technik herausgebildet hat, und um die Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen klarzumachen.

Vorbemerkungen zur Wahl des Vergasungsmediums

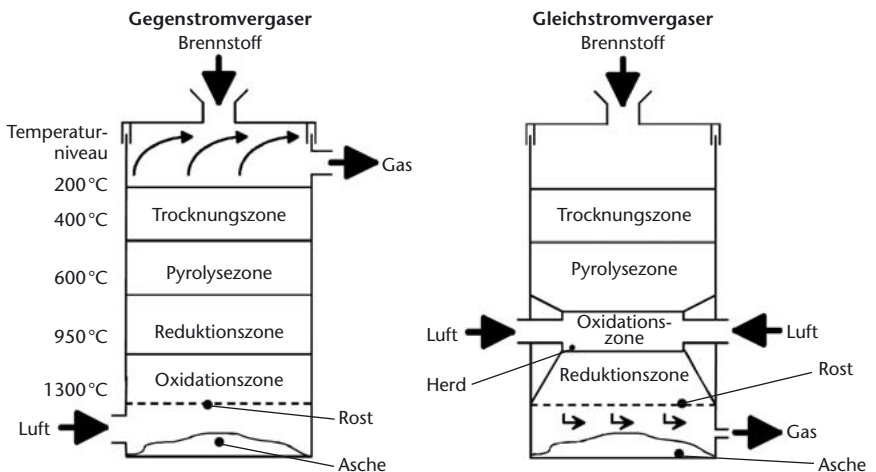
Synthesegas sollte grundsätzlich frei von Begleitstoffen wie Stickstoff sein. Diese können bei den nachfolgenden Syntheseschritten nicht in das gewünschte Wertprodukt umgesetzt werden und erfordern eine Abtrennung. Aus diesem Grunde werden für die Synthesegaserzeugung in der Praxis meist ausschließlich Sauerstoff und Wasserdampf eingesetzt. Die Zugabe von Wasserdampf hat den Vorteil, dass zusätzlich Wasserstoff produziert wird, der bei der Synthese von

Nutzen sein kann. Sauerstoff liefert durch partielle Oxidation des Brennstoffs die erforderliche Energie für die endothermen Vergasungs- und Reformierungsreaktionen.

Festbett-Vergasungsverfahren

Abb. 1 zeigt die beiden grundsätzlichen Varianten der zum Einsatz kommenden Festbettvergasungsverfahren. Beim so genannten Gegenstromvergaser werden Oxidationsmittel bzw. Produktgase und Feststoffstrom in entgegengesetzter Richtung geführt. Dadurch geben die Produktgase ihre Wärme an den neu zuströmenden Brennstoff ab, die fühlbare Wärme wird also zur Brennstoffvorwärmung genutzt. Da die Gase nach Passieren der Pyrolysezone aber gekühlt werden, ist der Teergehalt eines solchen Vergasers sehr hoch. Dahingehend passieren die Produktgase beim Gleichstromvergaser als letzte Zone die Reduktionszone mit sehr heißem Koks. Dort werden die Teere abgebaut, so dass deutlich geringere Teerkonzentrationen auftreten. Allerdings um den Preis einer geringeren Vergasereffizienz.

Abbildung 1:
Funktionsschema von
Gegenstrom- und
Gleichstrom-
Festbettvergasern



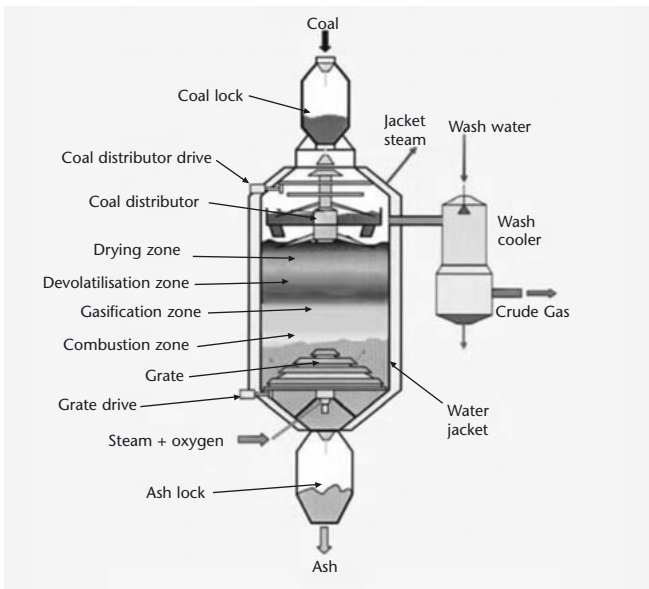


Abbildung 2:
Lurgi trocken
entschender
Gegenstrom
Festbettvergaser

Bei kleineren Anlagen, wie sie zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auf Basis fester Biomasse entwickelt werden, kommt Luft als Oxidationsmittel zum Einsatz. Bei Anlagen zur Synthesegaserzeugung, wie z.B. die Anlage in Schwarze Pumpe (SVZ) oder die Anlagen zur Kraftstofferzeugung aus Kohle in Südafrika, wird Sauerstoff als Oxidationsmedium eingesetzt. Hier hat sich der trocken entschender Lurgi-Vergaser (vgl. Abb. 2) und der nass entschender British Gas Lurgi (BGL) Vergaser durchgesetzt.

Der BGL-Vergaser arbeitet ebenfalls unter Druck (25 bar). Durch den Einsatz von reinem Sauerstoff werden die Temperaturen so hoch, dass die Asche schmilzt und flüssig abgezogen werden kann. Zur Einstellung der gewünschten Vergasungstemperatur (800-1.300°C) wird bereits im Reaktor Wasserdampf zugegeben. Das heiße Synthesegas wird dann durch Zugabe von Wasserdampf direkt nach der

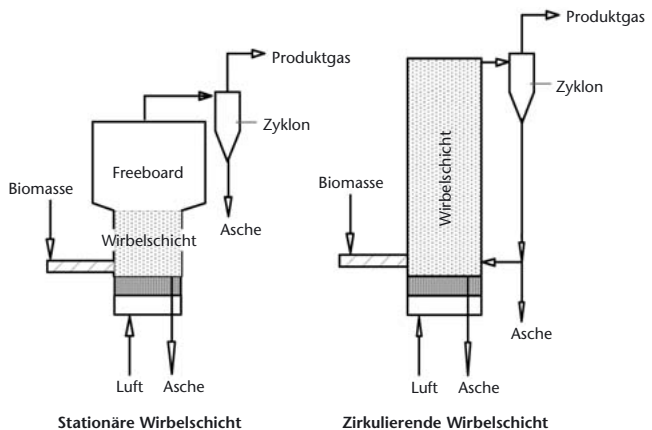
Anlage weiter reformiert, bevor es den notwendigen Gasreinigungsschritten unterzogen wird. Beim BGL-Vergaser in Schwarze Pumpe, aber auch bei ähnlichen Vergasern in Genland, kommt Klärschlamm mit zum Einsatz. Beim SVZ wird direkt im Anschluss an die Vergasung Methanol erzeugt. Obwohl das Brennstoffsortiment dort durch Abfälle preislich attraktiver wird, kann die Anlage im Moment nicht wirtschaftlich betrieben werden.

Dies legt den Schluss nahe, dass die Erzeugung eines Synthesegases in Festbettvergasern in der typischen Biomassevergasungsgröße, zumindest mit der bekannten Technologie, nicht wirtschaftlich zu betreiben ist.

Wirbelschicht-Vergasungsverfahren

Man unterscheidet das stationäre und das zirkulierende Wirbelschichtverfahren. *Abb. 3* zeigt die beiden Verfahren schematisch. Bei beiden Verfahren wird eine Sandschicht von Luft oder Dampf mit einer Geschwindigkeit durchströmt, die ausreicht die Sandpartikel in der Schwebe zu halten.

Abbildung 3:
Schematische
Darstellung der beiden
gebräuchlichen
Wirbelschichtverfahren



Bei der Stationären Wirbelschicht ist die Gasgeschwindigkeit so gewählt, dass das Sandmaterial in dem sich im oberen Bereich erweiternden Reaktor verbleibt, bei der Zirkulierenden ist die Gasgeschwindigkeit weiter erhöht, so dass das Bettmaterial (Sand und Brennstoff) ausgetragen wird. Der Feststoff wird dann in einem Zyklon abgeschieden und wieder in den Reaktor zurückgeführt.

Das stationäre Wirbelschichtprinzip wird bisher nur für kleine Luftvergaser bei KWK-Anlagen eingesetzt. Zirkulierende Wirbelschichtvergaser für Biomasse befinden sich kommerziell in Betrieb. Aber auch diese werden mit Luft als Vergasungsmittel betrieben. Die Gasnutzung erfolgt meist in Kesselanlagen durch direkte Zufeuerung. Zu nennen ist der Vergaser der Firma Foster-Wheeler in Lahti, dessen aus Biomasse und Abfällen gewonnenes Gas in einem Kohle-Heizkraftwerk verbrannt wird. Ähnliche Anlagen, auch von anderen Herstellern, befinden sich in verschiedenen Zellstoffwerken in Betrieb.

Abb. 4 zeigt den HTW-Wirbelschicht-Vergaser (10 bar, 1.050°C) der sich von 1985-1997 in Berrenrath in Betrieb befand und sein Gas in eine Methanolsynthese speiste. Er war als Demonstrationsanlage für 600.000 t/a Braunkohle ausgelegt, also deutlich größer als die typische Biomassebaugröße. Trotz der gut funktionierenden Technik konnte aber auch dieser Vergaser nicht wirtschaftlich betrieben werden. Und dies obwohl die preiswerte Braunkohle als Brennstoff eingesetzt wurde.

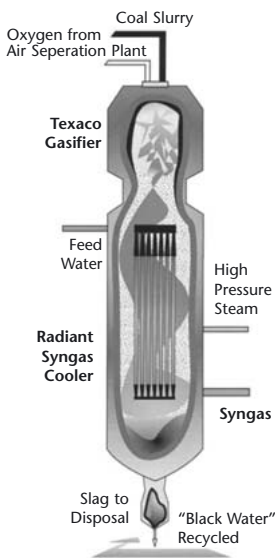
Ein anderes viel versprechendes System stellt das Fast Internally Circulating Fluidized Bed (FICFB) System dar, das an der TU Wien entwickelt wurde und von der Firma Austrian Energy in Güssing, Österreich, als Demonstrationsanlage verwirklicht wurde. In Güssing wurde zwar auf die Kraft-



Abbildung 4:
HTW Vergaser in
Berrenrath

Wärme-Kopplung gesetzt, das Verfahren eignet sich aber grundsätzlich auch zur Synthesegaserzeugung, da Wasserdampf als Vergasungsmittel eingesetzt wird. Durch die geschickte Verschaltung einer zirkulierenden und einer stationären Wirbelschicht wird die Energie für den Vergasungs- und Reformierungsprozess über aufgeheizten Sand eingebracht, weshalb kein Sauerstoff notwendig ist. Ein Prinzip, das auch beim US-Ferco-Vergaser so ähnlich genutzt wird. Die durch diese Verfahrensweise vermiedene Luftzerlegung wirkt sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage aus. Der Beitrag der TU-Wien geht näher auf das Prinzip und dessen Vor- und Nachteile ein.

Abbildung 5:
Texaco Flugstromvergaser



Flugstromvergaserverfahren

Neben den Festbettvergäsern sind Flugstrom-Vergasungsverfahren jene Techniken, die am häufigsten kommerziell zur Synthesegaserzeugung eingesetzt werden. Abb. 5 zeigt den Texaco-Vergaser mit Wärmetauscher zur Nutzung der fühlbaren Wärme. Kommerziell wird er meist ohne Wärmenutzung, also nur mit Quenchesystemen betrieben. Dadurch ergibt sich ein schlechterer Wirkungsgrad aber eine verbesserte Zuverlässigkeit im Betrieb. Auch andere Hersteller haben derartige Vergaser im Programm, so z.B. Krupp-Uhde und Shell. Diese Vergaser werden mit einer Mischung aus Sauerstoff und Wasserdampf betrieben. Die Sauerstoffmenge wird so eingestellt, dass die Vergasungstemperatur ausreicht den partikulären Kohlenstoff komplett umzusetzen. Da die Brennstoffe Petrol-Koks und Steinkohle hohe Kohlenstoffanteile haben, sind z.T. Temperaturen von deutlich oberhalb 1.500°C nötig. Dadurch ist die Asche schmelzflüssig. Das am Vergaserende eingedüste Wasser schreckt zum einen die Schlacke ab, zum anderen dient es zur Reformierung des entstandenen Produktgases. Nach einer Gasreinigung wird je nach Prozessanforderungen

noch eine katalytische Shiftreaktion, eine Methanisierung oder direkt die entsprechende Synthese abgeschlossen.

Diese Vergaser arbeiten mit hoher Zuverlässigkeit in verschiedenen Raffinerien und chemischen Industrien weltweit. Typische Anlagengrößen sind mehrere hundert MW. Es sind aber auch mehrere GW machbar, da der Druckbetrieb (bis 80 bar) sehr kleine Baugrößen erlaubt. Das Forschungszentrum Karlsruhe schlägt die Nutzung dieser bestehenden Technik vor, in dem die vorher dezentral in einen Slurry aus Teeröl und Koks mit hoher Energiedichte umgewandelte Biomasse per Kesselwagen zum zentralen Vergaser geliefert wird.

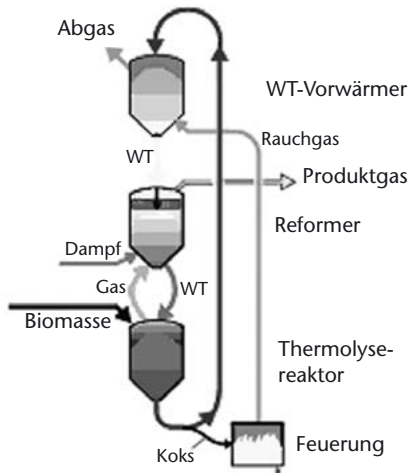
Die Firma Choren hat ein Flugstromvergasungsverfahren für den direkten Einsatz von Biomasse entwickelt. Auch hier wird zunächst ein Gemisch aus Teer und Produktgas sowie Koks erzeugt. Diese Produkte werden jedoch direkt im angeschlossenen Flugstromvergaser bei sehr hohen Temperaturen vergast. Eine Pilotanlage des so genannten Carbo-V Verfahrens befindet sich in Freiberg in Betrieb. Das Verfahren wurde inzwischen mit einer Fischer-Tropsch-Synthese kombiniert, um synthetischen Dieselkraftstoff zu erzeugen. Das Verfahren wird von der Firma Choren auf der Tagung präsentiert.

Sonderverfahren zur Erzeugung von Synthesegasen

Das Verfahren zur gestuften Reformierung, das von der Firma DMT im so genannten "Blauen Turm" in Herten realisiert wurde, lässt sich nur schwer einem der genannten drei Grundverfahren zuordnen. Es hat sich ebenfalls zum Ziel gesetzt aus Biomasse ein wasserstoffreiches Synthesegas oder gar reinen Wasserstoff zu produzieren.

Das Anlagenprinzip ist in *Abb. 6* dargestellt. Auch hier wird der Einsatz von Sauerstoff dadurch vermieden, dass ein fester Wärmeträger in Form von Kugeln eingesetzt wird, der die Wärme in den Reformierungsreaktor einkoppelt. Die Kugeln werden in einem Verbrennungsreaktor erwärmt, in dem die in der Pyrolyse entstehende Holzkohle verbrannt wird (bei der Pilotanlage so noch nicht realisiert). Die heißen Kugeln koppeln ihre Wärme zunächst in den Reformierungsreaktor ein, in dem die Flüchtigen aus dem Pyrolyse-reaktor umgesetzt werden (ca. 950°C), bevor ihre Restwärme zur etwas kühleren Pyrolyse (500-600°C) genutzt wird. Alles in allem handelt es sich also um drei Reaktoren für Pyrolyse, Reformierung und die Verbrennung des Holzkohlerückstands. Auch hier dürfte infolge des komplexen Aufbaus mit mehreren Reaktoren und des notwendigen Feststofftransports eher das obere Leistungsspektrum für den kommerziellen Einsatz realistisch sein.

Abbildung 6:
Prinzipschema des
Verfahrens "Blauer Turm"



Literatur

- [1] DTI – Department of Trade and Energy (UK):
Technology status report (TSR 008), Gasification of
Solid and Liquid Fuels for Power Generation; 1998