



Synthesegas aus Kunststoffabfällen erzeugen

Neues Verfahren nutzt Kalk im Schachtofen als Trägermedium, Katalysator und Schadstoff-Bindemittel



Ein neu entwickeltes Vergasungsverfahren verwertet Altkunststoffe, kohlenstoffhaltige Sortierreste und Gummiteile sowie Schreddermaterial der Automobilindustrie. Es kann auch chlorhaltige Kunststoffströme mit PVC-Anteilen umweltfreundlich und effizient verarbeiten. Es erzeugt daraus ohne Rauchgasemissionen ein gereinigtes Synthesegas. Im Prozess dient Kalk als Transportmedium und bindet zugleich auch Halogene und andere Schadstoffe. Das im Schachtofen erzeugte Gas kann wertvolle Primärenergieträger wie Erdgas in Hochtemperaturprozessen ersetzen oder auch zur Stromerzeugung in effizienten Gasmotoren eingesetzt werden.

Das Verfahren verwertet unterschiedlichste Reststoffe, auch problematische Kunststoffabfälle oder kontaminierte Materialien, ohne diese vorher aufwendig aufbereiten zu müssen. Potenzielle Einsatzstoffe sind beispielsweise Sortierreste aus dem gelben Sack, Schredderschwer- und -leichtfraktion, Kunststoffverbundstoffe oder auch kontaminierte Abfallhölzer, sonstige Biomassen, Dachpappen, Braunkohle, Salzkohle, Ölschiefer, Teerseen, kontaminierte Böden, bitumenhaltige Abfälle sowie insbesondere Klärschlämme. Manche Abfälle, wie Klärschlämme oder kunststoffhaltige E-Schrott-Fraktionen, enthalten Wertstoffe, beispielsweise Phosphor, Edelmetalle oder seltene Erden. Diese können durch Bindung am Feinkalk angereichert, abgetrennt und wiederverwertet werden.

Roland Möller, Leiter des Forschungsvorhabens und Geschäftsführer der Firma Eco-loop: „Wir machen aus Reststoffen Gas. Die bei Verbrennungsprozessen übliche Limitierung der Einsatzmaterialien für Chlor gibt es bei unserer Technologie nicht. Mit Eco-loop wollen wir die Abfall- und Recyclingtechnik sinnvoll ergänzen.“ Die

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

energetische Verwertung von Kunststoffabfällen in der neuen Vergasungsanlage stellt eine günstige Alternative zur Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen (MVA) mit anschließend erforderlicher Rauchgasreinigung dar.

Im Schachtofen entsteht Synthesegas

Die Ofenanlage kombiniert bewährte technische Anlagen und Methoden, die vor allem aus der Kalkindustrie stammen, zu einem neuartigen flexiblen Verwertungsverfahren. Dabei werden die Reststoffe mit Grob-Kalk vermischt und im Gegenstromprinzip in einem Schüttgutwanderbett zu Synthesegas umgewandelt. Die Wanderbettvergaser-Anlage kommt ohne komplexe oder anfällige drehende Teile oder Einbauten aus. Das Material wird in einem Schüttgutwanderbett aus Kalk und Ersatzbrennstoffen durch die eigene Schwerkraft von oben nach unten transportiert, genauso wie im Kalkbrennprozess.

Kalk hat Schlüsselfunktion im Prozess

Für den Umwandlungsprozess im Schachtofen spielt Kalk eine entscheidende Rolle; er ist zugleich Transportmedium für die Brennstoffe und gasdurchlässiges Stützgerüst innerhalb des Schüttgutwanderbettes. Seine katalytische Wirkung steigert die Entstehung von Synthesegas. Außerdem absorbiert der Kalk Chlor, verhindert die Bildung von Dioxinen und Furanen und unterbindet so die Entstehung gefährlicher Rauchgase bei der späteren Synthesegas-Nutzung. Im Bereich von 400 bis 800 °C unterstützt der Kalk in Anwesenheit von Wasserdampf als Katalysator die Reformierung von langkettigen Polymeren und polyzyklischen Derivaten. Dadurch wird die Bildung unerwünschter öl- und teerhaltiger Spaltprodukte erheblich reduziert. Saure Schadstoffe wie Chlorwasserstoff- oder Schwefelverbindungen werden an den Kalk gebunden und mit der Asche nach Rückgewinnung ihrer Wärme als Feingut aus dem Grobkalk abgetrennt. Dieser kann danach erneut als Teil des Schüttgutwanderbetts verwendet werden. Das Roh-Synthesegas wird in der Gasreinigung über Heißgasfilter von Flugstaub befreit und auf Raumtemperatur abgekühlt. Das gereinigte Synthesegas kann beispielsweise Erdgas ersetzen oder als Rohstoff dienen, um Basischemikalien wie Alkohole oder verschiedene Kohlenwasserstoffe herzustellen.

Erste großtechnische Pilotanlage

Die erste großtechnische Anlage wurde darauf ausgelegt, bis zu 50.000 Tonnen Altkunststoffe pro Jahr zu verwerten. Dafür sind etwa 3.000 bis 4.000 t Grobkalk pro Jahr notwendig. Luft und Wasserdampf werden als Vergasungs- und Kühlmittel eingeblasen. Im vertikalen Schachtofen der Anlage laufen bei einer Reaktionstemperatur von 450 bis 1.200 °C eine Partialoxidation sowie eine Reihe von Vergasungs- und Pyrolysereaktionen des Materials ab, unterstützt von einer anfänglichen Grundlastfeuerung. Nach Heißgasfilter und Gaskühlung kann das Synthesegas beispielsweise als Brennstoff für Industrieprozesse eingesetzt werden. Als Reststoffe verbleiben etwa 8.000 bis 12.000 t Feingut pro Jahr; dieses Gemisch aus feinem Kalk, Asche und Schadstoffen muss deponiert werden.

Die Anlage ist für eine thermische Nennleistung von 32 MW ausgelegt; sie kann als Gegenstromvergaser einen thermischen Wirkungsgrad von über 80 % bei einem Fremdstrombedarf von etwa 1 MW erreichen. Das Anlagenkonzept ist flexibel und lässt sich in Industrie und Abfallverwertung einsetzen. Die Ecoloop-Technologie

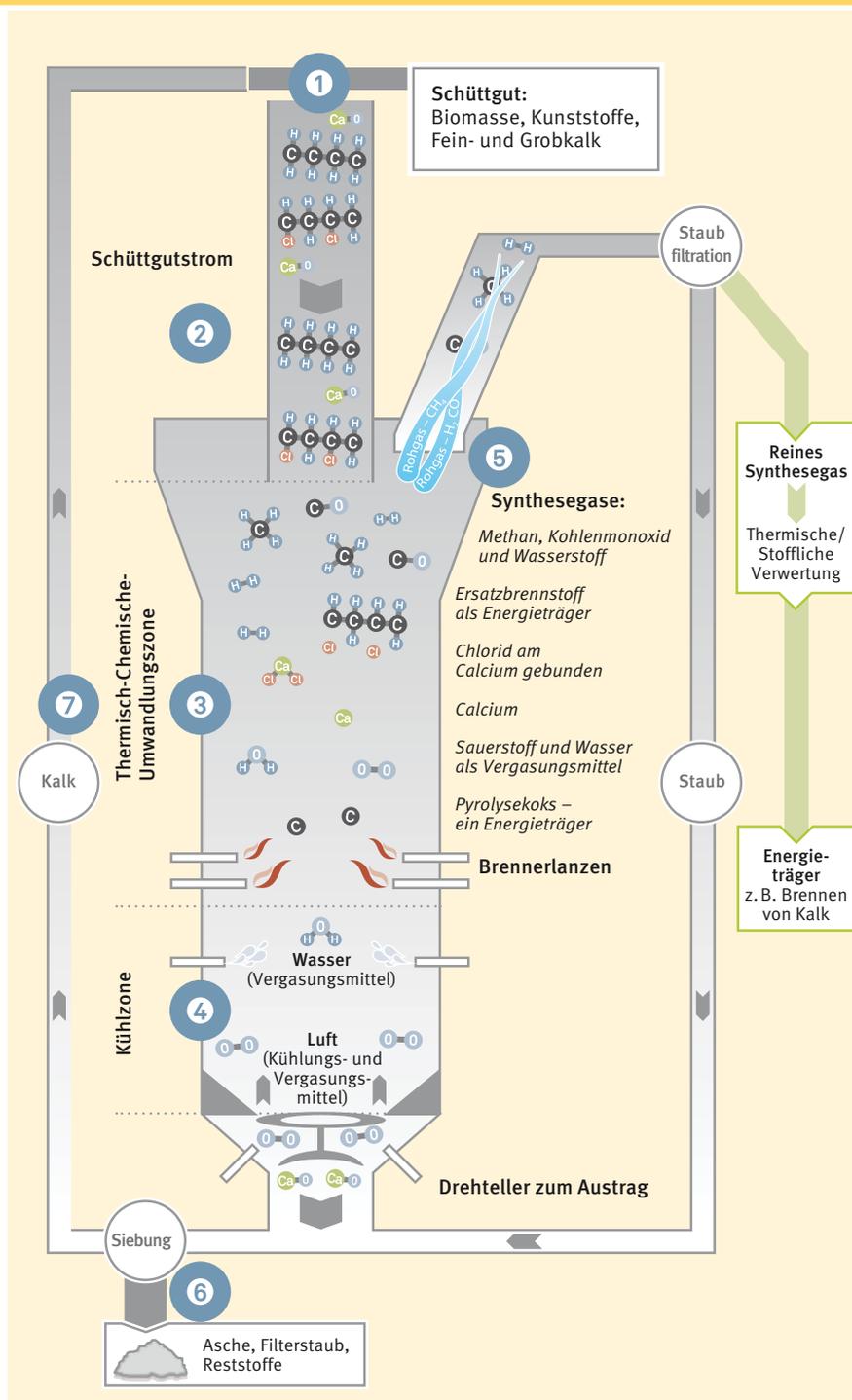


Abb. 1 Funktionsschema des Schachtreaktors: 1 Eingangsmaterial wird mit Kalk gemischt, bevor es in die heißen Reaktorzonen gelangt. 2 Material wird durch Schwerkraft gefördert und durch einen Drehteller-Austrag gesteuert. 3 Nach der Vergasung in den oberen Zonen wandert der übrige Pyrolysekoks in die Brennzonen und liefert Energie für den Prozess. 4 In der Kühlzone wird der Kalk durch Luft und Wasser heruntergekühlt. 5 Synthesegas wird am oberen Reaktorkopf abgesaugt und Schadstoffe bleiben an den Feinkalk gebunden. 6 Schadstoffe werden mit Feinkalk und Asche ausgesiebt. 7 Grobkalk wird in den Prozess zurückgeführt.

kann Müllverbrennungsanlagen sinnvoll ergänzen, indem besonders chlor- und schadstoffhaltige Abfallströme nicht im Gesamtmüllmix verbrannt, sondern stofflich in Synthesegas umgewandelt werden. Um solche Materialien thermisch verwerten zu können, werden sie bisher dem Gesamtmüllleistungsstrom der MVA beigemischt. So gelingt es, bestimmte Grenzwerte nicht zu überschreiten. Doch insbesondere die erhöhten Chlorfrachten führen dabei zu erheblichen technischen Nachteilen. Um der dadurch auftretenden Hochtemperaturkorrosion entgegenzuwirken, müssen Verbrennungsanlagen bei reduzierter Temperatur und reduziertem Dampfdruck betrieben

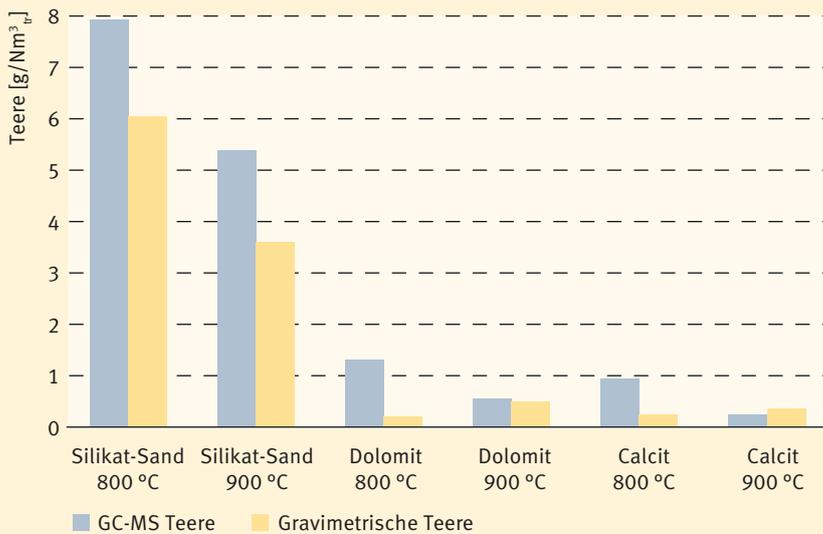


Abb. 2 Unter dem katalytischen Einfluss von Kalk (CaO) wird die Bildung von Teeren deutlich reduziert.

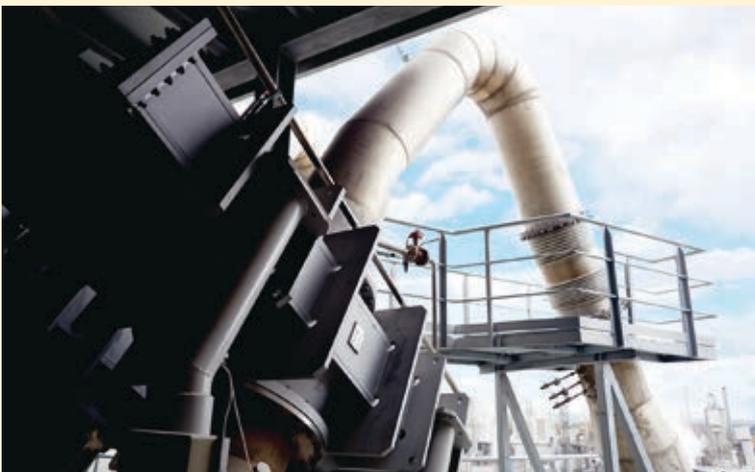


Abb. 3 Oben: Das Kalkwanderbett verlässt den Reaktor, anschließend werden Asche und Schadstoffe ausgesiebt. Unten: Rohgasrohre mit Sicherheitsschiebern.

werden. Dadurch sinkt der Wirkungsgrad. Weitere Folgen sind erhöhte Betriebs- und Instandhaltungskosten. Vor allem führen hohe Chlorkonzentrationen in Verbrennungsprozessen zur Bildung hochtoxischer Dioxine und Furane, die aufwendig über Rauchgasreinigungsanlagen ausgefiltert und deponiert werden müssen.

Die Vermeidung von Chlorspitzen im Gesamtabfall steigert die Effizienz der Müllverbrennung, reduziert Schadstoffbildung und erlaubt gleichzeitig eine separate Verwertung von Problemstoffen durch rauchgasfreie Umwandlung über Ecoloop in gereinigtes Synthesegas.

Synthesegas-Erzeugung

Das erzeugte Synthesegas ist gereinigtes Schwachgas, vergleichbar mit Stadt- oder Kokereigas. Die brennbaren Hauptkomponenten sind CO, H₂ und niedere Kohlenwasserstoffe; inerte Anteile wie CO₂ und N₂ gelangen im Wesentlichen durch den Einsatz der Vergasungsmittel Luft und Wasser ins Synthesegas. Sein Heizwert liegt zwischen 2 – 2,4 kWh/Nm³, der Staubanteil unter 1 mg/Nm³. Bei der Verbrennung werden bis zu 1.900 °C erreicht. Daher eignet sich das Synthesegas auch dafür, Hochtemperaturprozesse zu unterstützen, die fossile Energieträger benötigen, wie zum Beispiel in der Zementindustrie, in Glashütten oder bei der Roheisen- und Stahlherstellung. Eine weitergehende Nutzung des Gases als chemischer Rohstoff ist möglich, abhängig von den verwerteten Stoffen sowie der Fahrweise des Reaktors. Eine Anlage, die im Jahr etwa 50.000 Tonnen Reststoffe verarbeitet, erzeugt bis zu 15.000 Nm³ Synthesegas pro Stunde. Dies ergibt eine durchschnittliche Jahresleistung von 250.000 MWh Synthesegas, das entspricht etwa 20.000 Tonnen Erdgas.

Aktuelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

In der ersten großtechnischen Pilotanlage wurden zahlreiche Vergasungskampagnen mit kunststoff- und chlorhaltigen Ersatzbrennstoffen durchgeführt. Dabei wurden bereits mehr als 2.000 t unterschiedlicher Materialströme eingesetzt: Mischkunststoffe und Sortierreste aus dem gelben Sack sowie Schredderschwerfraktion aus dem Automobilrecycling. Die Betriebsergebnisse und Erfahrungen fließen in Forschungs- und Entwicklungskooperationen zur Optimierung und Weiterentwicklung der Technologie ein.

Gemeinsam mit der TU Clausthal entwickeln die Forscher ein umfassendes Simulationsmodell des Vergasungsprozesses. Eingangsbasis vieler Daten sind Prozessparameter und Messdaten aus dem großtechnischen Pilotreaktor.

Ergänzt wird das Modell durch Versuchsergebnisse und Daten aus Labor- und Technikumsanlagen.

Inzwischen ist die Programmierung des Simulationsmodells weit fortgeschritten und es wurde bereits mit der Validierung verschiedener Prozesseinstellungen und Modell-Tests begonnen.

Am Ende soll das Simulationsmodell verlässliche Prozessdaten aus unterschiedlichen Eingangsdaten bereitstellen. So wird es beispielsweise möglich sein, den Einsatz unterschiedlicher Abfallstoffe zu simulieren und die daraus zu erwartende Synthesegaszusammensetzung und den Wirkungsgrad der Anlage zu ermitteln, ohne dass solche Versuche gleich an der großtechnischen Anlage durchgeführt werden müssen.

Mithilfe des Simulationsmodells sollen das Verfahren und das Reaktordesign weiter verbessert werden. Den Schwerpunkt ihrer weiteren Arbeit sehen die Entwickler darin, das Verfahren für verschiedene Reaktorgeometrien und Auslegungsgrößen optimal anzupassen.

Das mittelfristige Ziel ist es, einen optimierten großtechnischen Anlagentyp zu entwickeln, der in unterschiedlichen Auslegungsgrößen eine Vielzahl problematischer Abfallströme vor Ort, ohne aufwendigen „Mülltourismus“, effizient verwerten kann.



Synthesegase für die Chemieindustrie

In vielen Bereichen der Industrie, beispielsweise in der Stahl- und Chemieproduktion, werden Synthesegase erzeugt und eingesetzt. Für zahlreiche chemische Produkte, wie Kraftstoffe oder Kunststoffe, ist CO-reiches Synthesegas ein wichtiger Ausgangsstoff. In einer neuartigen Pilotanlage erprobt die Linde AG am Standort Pullach ein neues Verfahren der trockenen Reformierung. Dazu haben die Wissenschaftler die klassische Dampfreformierung entscheidend verändert. Neben Methan und etwas Wasserdampf wird bei hohem Druck auch Kohlendioxid (CO₂) in einen Rohrreaktor geleitet. Bei Temperaturen zwischen 800 und 1.000 Grad reagiert das CO₂ mit dem Methan zu Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Das Verfahren ist energieeffizienter als die klassische Variante: Zum einen benötigt die Trockenreformierung sehr viel weniger Wasserdampf zur Verhinderung der Katalysatorverkokung, zum anderen wird das Synthesegas unter hohem Druck erzeugt, sodass eine vorlaufende Gasentspannung und im Anschluss an die Reaktion eine weitere Verdichtung entfällt. Ein weiterer Vorteil: Die Verwendung großer Mengen CO₂. Dieses entsteht als Abfallprodukt in vielen industriellen Prozessen und kann nutzbringend eingesetzt werden, statt es an die Umwelt abzugeben.

Durch den hohen CO-Anteil kann das Gas direkt für viele Syntheseprozesse eingesetzt werden, ohne dass zuvor Wasserstoff abgetrennt werden muss. Es konkurriert deshalb mit dem sogenannten Partialoxidationsverfahren, das durch die Reaktion von Methan mit Sauerstoff ebenfalls hohe Kohlenmonoxid-Anteile erreicht. Der benötigte Rein-Sauerstoff muss bei dieser Variante aber mit hohem Energieaufwand hergestellt werden. Nicht zuletzt besitzt der Dry-Reforming-Prozess vor allem bei kleinen und mittelgroßen Anlagen relevante Kostenvorteile gegenüber der partiellen Oxidation.

Projektbeteiligte

- » **Projektleitung, Systementwicklung:** Ecoloop GmbH, Bad Harzburg, Roland Möller, roland.moeller@conera-ps.com
- » **Entwicklung Simulationsmodell:** TU Clausthal, Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik, Clausthal, Marc Muster, muster@iebv.tu-clausthal.de
- » **Verbundpartner:** Fels-Werke GmbH, Goslar, info@fels.de

Links und Literatur

- » Ecoloop GmbH | www.ecoop.eu
- » Film: Die Ecoloop-Technologie der Fels-Werke | https://youtu.be/GPClkhdc_kl
- » Trockenreformierungsverfahren DryRef: www.the-linde-group.com
- » Kübel, M.: Teerbildung und Teerkonversion bei der Biomassevergasung. Anwendung der nasschemischen Teerbestimmung nach CEN-Standard. Dissertation, Universität Stuttgart. Göttingen: Cuvillier, 2007. ISBN 978-3-867272-24-7

Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Strom und Wärme aus Schwachgas gewinnen. BINE-Projektinfo 02/2012
- » CO₂-Abscheidung mit Kalk. BINE-Projektinfo 01/2014
- » Carbid mit Kunststoffabfällen produzieren. BINE-Projektinfo 08/2011
- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter www.bine.info/Projektinfo_05_2016

BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter www.bine.info/abo

Impressum

Projektorganisation
Bundesministerium
für Wirtschaft und Energie (BMWi)
11019 Berlin

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Michael Gahr
52425 Jülich

Förderkennzeichen
0327490A

ISSN
0937-8367

Herausgeber
FIZ Karlsruhe · Leibniz-Institut
für Informationsinfrastruktur GmbH
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autor
Gerhard Hirn

Urheberrecht
Titelbild, Abb. 1 und 3: Ecoloop
Abb. 2: Michael Kübel

Eine Verwendung von Text und
Abbildungen aus dieser Publikation ist
nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion
gestattet. Sprechen Sie uns an.

Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?
Wir helfen Ihnen weiter:

0228 92379-44
kontakt@bine.info

BINE Informationsdienst
Energieforschung für die Praxis
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197
53113 Bonn
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages