



ECOCEM

Integration eines Vergaserkonzepts für die Einsetzung von biogenen Roh- und Reststoffen, sowie Abfallstoffen in der Zementproduktion

VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

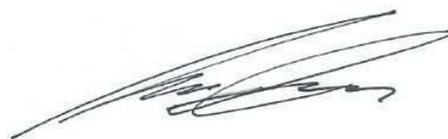
Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Kurzfassung

Die vorliegende Studie behandelt die mögliche Integration eines Vergasungskonzeptes in den Zementproduktionsprozess. Im Zusammenhang mit einer Durchführbarkeitsstudie wurde zu Beginn der bestehende Produktionsprozess des Gmundner Zementwerks aufgenommen und analysiert. Hierzu wurde eine Prozesssimulation durchgeführt. Auf Basis der daraus gewonnenen Erkenntnisse konnten Abwärmepotentiale und Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung aufgezeigt werden.

Im zweiten Schritt wurde die technische Machbarkeit des Einsatzes eines Wirbelschichtvergasers zur verstärkten Verwendung von biogenen Roh- und Reststoffen sowie Abfallstoffen im Zementproduktionsprozess untersucht. Um ein möglichst hochkalorisches Produktgas zu erhalten wurde der Einsatz eines allothermen Vergasungskonzeptes angestrebt.

Auf Basis der erstellten Prozesssimulation des bestehenden Prozesses sowie der Integration eines Vergasers in den Produktionsprozess wurde im Anschluss ein Gesamtprozessmodell erstellt, um auf dieser Basis mögliche weitere Effizienzsteigerungen zu finden. Diese Studie zielt zum einen auf eine weitere Reduktion fossiler Energieträger im Prozess und eine Steigerung der Gesamteffizienz zur Schonung der Ressourcen und der Umwelt ab, und es muss zum anderen auch frühzeitig auf eine mögliche Verschärfung der behördlichen Grenzwerte für Stickoxidemissionen Rücksicht genommen werden. Der Einsatz einer katalytischen Entstickung in einem Zementwerk und der damit verbundene steigende Energieverbrauch kann nur durch den erweiterten Einsatz biogener Roh- und Reststoffe sowie von Abfallstoffen und der damit entstehenden Notwendigkeit eines Vergasungssystems zur Brennstoffkonditionierung umgesetzt werden.

Methoden

Das Projekt wurde mit einer umfassenden Recherche bezüglich des Standes der Technik, des Wissens und der Umfeldbedingungen (gesetzliche Rahmenbedingungen, Markt, etc.) begonnen.

Die weiteren Schritte entsprachen der guten Praxis der Projektabwicklung bzw. des Anlagenbaus:

- Massen- und Energiebilanzen zur Erörterung verwendbarer Wärmequellen und zur Ermittlung des zusätzlichen Wärmebedarfs
- Durchführung von Prozesssimulationen und Betrachtung verschiedener Brennstoffvarianten.

Es wurden zu Beginn mehrere plausible Varianten bezüglich der Ausbildung des Vergasers beschrieben. Um diese zu erfassen wurde zunächst mit Hilfe von Kreativtechniken eine

Varianten- Vielfalt hergestellt. Aus dieser Vielfalt wurde durch einen Check (plausibel? patentiert? praktikabel?) ein Varianten- Bündel gefunden, in dem möglichst unterschiedliche Typen vertreten sind. Die anschließende technische/wissenschaftliche Untersuchung des Varianten- Bündels unter Zuhilfenahme einfacher Simulationen und anderer Methoden engte die Varianten-Vielfalt deutlich ein.

Vorgehensweise

Die vorab definierten Arbeitspakete (10 Arbeitspakete) setzten sich wie folgt zusammen:

- Arbeitspaket 1 Projektmanagement, wissenschaftliche und kommerzielle Koordination
- Arbeitspaket 2 Recherchen zum Stand der Technik und Erhebung der Basisdaten der Ofenanlage
- Arbeitspaket 3 Prozessmodellierung Bestand
- Arbeitspaket 4 Abwärmepotentiale
- Arbeitspaket 5 Einbindungskonzept Vergaser
- Arbeitspaket 6 Brennstoffanalyse Vergaser
- Arbeitspaket 7 Konzeptvariation Vergaser
- Arbeitspaket 8 Integriertes Gesamtprozessmodell
- Arbeitspaket 9 Optimierung des Gesamtprozesses
- Arbeitspaket 10 Begleitende Know- How Sicherung und Endbericht

Die simulierten Modelle bzw. Lastfälle beschäftigten sich mit dem Stand der Technik (energieeffizientere Produktion mit Kalzinator und Rostkühler), zudem wurden mögliche Abwärmequellen zur Stromproduktion ausgelotet, sowie versucht die Brennstoffe durch vergaste biogene Brennstoffe zu ersetzen und Techniken zur Emissionsminderung des Zementprozesses einzusetzen. Diese Lastfälle wurden abschließend in einen optimierten Gesamtprozess integriert.

Ergebnisse und Ausblick

Die generierten Lastfälle, die im Rahmen der Modellierung und Prozesssimulation dargestellt wurden, wurden als durchführbar eingestuft und ergaben eine wesentliche Verbesserung sowohl in der Energieeffizienz und Produktionskapazität der bestehenden Anlage. Der Einsatz fossiler Brennstoffe kann dadurch weiter verringert werden.

Der Einsatz eines allothermen Vergasers als Lieferant homogener Brennstoffe für den Klinkerbrennprozess stellt einen unkonventionellen und sehr innovativen Weg dar. Aus der Studie ging grundsätzlich die Machbarkeit dieses Vorhabens hervor, allerdings sind Systeme in diesen Größen in der Praxis bisher nicht umgesetzt worden. Ein entsprechendes Up-Scaling ist jedoch durchaus denkbar.

Abstract

The study concerned deals with a possible integration of a gasification concept in the cement production process. The existing production process of the cement plant Gmunden was analyzed in connection with a feasibility study. To do this a process simulation was run at first. Due to the achieved results potentials of waste heat and new ways of enhancing efficiency were pointed out.

In a second step the technical feasibility of using a fluidized bed gasifier to increase the amount of biogenic raw and waste materials in the cement production process was analyzed. The aim was to obtain a high caloric product gas by implementing an allothermic gasification concept.

Due to the process simulation of the existing process and the integration of a gasifier into the cement production, an overall process model was developed to find further ways of enhancing efficiency. On the one hand the aim of this study was to reduce the quantity of fossil fuels in the process and to enhance the total efficiency to conserve natural resources and thus protect the environment. On the other hand a possible reduction of nitrogen oxide emissions has to be considered due to more extensive emission regulation limits in the future.

Methods

First a comprehensive research concerning the state of the art, knowhow and other conditions such as general legal requirements, market etc. was carried out. Further steps were taken in accordance with code of best practice of project handling and plant engineering:

- Mass- and energy balances to find useful heat sources and to determine the additional heat demand
- Realization of process simulations and evaluation of different fuel types

At first different kinds of feasible gasifiers were described. Creative methods were used to find a large variety of gasifiers to choose from. The gasifiers thus determined were checked regarding plausibility, patents and feasibility and a number of variants was found which represented as many different types as possible. Finally this number of variants was reduced with the aid of technical and scientific research, simulations and other methods.

Approach

The 10 work packages defined in advance are composed as follows:

- Work package 1 Project management, scientific and commercial coordination
- Work package 2 Research concerning the state of the art and investigation of the basic data of the cement plant
- Work package 3 Process modeling of the existing plant
- Work package 4 Waste heat potentials
- Work package 5 Integration concept of gasifier
- Work package 6 Fuel analysis of gasifier
- Work package 7 Concept variation of gasifier
- Work package 8 Integrated overall process model
- Work package 9 Optimization of the overall process
- Work package 10 Accompanying know-how protection and final report

The simulated models or load cases concentrated on the state of the art (more energy efficient production using a calcinator and a grate cooler), possible waste heat sources for power generation, the substitution of fossil fuels by gasified biogenic fuels and emission reduction techniques used in the cement process. Finally these load cases were integrated in an optimized overall process model.

Results and Outlook

The generated load cases which were displayed within the scope of the process simulation and modeling were classified as feasible. They result in a considerable improvement of the energy efficiency and production capacity of the existing plant. Thus, the amount of fossil fuels can be further reduced.

Using an allothermic gasifier for providing homogenous fuels for the clinker burning process is an unconventional and innovative way. The study has proved the general feasibility of this project but such large systems have not been put into practice yet. An up scaling to that effect, however, is definitely possible.



Inhaltsverzeichnis

1	Projektdaten	6
2	Einleitung.....	7
3	Inhaltliche Darstellung.....	7
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	10
5	Ausblick und Empfehlungen.....	14
6	Literaturverzeichnis.....	16

NEUE ENERGIEN 2020

Publizierbarer Endbericht

Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Projektdaten

Kurztitel	ECOCEM	
Langtitel	Integration eines Vergaserkonzepts für die Einsetzung von biogenen Roh- und Reststoffen, sowie Abfallstoffen in der Zementproduktion	
Projektnummer	818980	
Programm/Programmlinie	Neue Energien 2020 1. Ausschreibung	
Antragsteller	Zementwerk Hatschek GmbH DI Dr. Helmut Leibinger	
Projektpartner	TU Wien	
Projektstart u. - Dauer	Projektstart: 09.2008	Dauer: 12 Monate
Berichtszeitraum	09.2008-09.2009	
<p>Synopsis: Fünf- bis zehnzeilige Kurzfassung (Synopsis) in dt. Sprache</p> <p>Studie zur möglichen Integration eines Vergasungskonzeptes in einen Zementproduktionsprozess mit dem Ziel des verstärkten Einsatzes von biogenen Roh- und Reststoffen sowie von Abfallstoffen und mit dem Vorteil der Substitution fossiler Rohstoffe. Zu diesem Zwecke wurde auf Basis von Recherchen, Simulationen und Bilanzen ein integriertes Gesamtkonzept eines möglichen zukünftigen Zementprozesses erstellt.</p>		

1 Einleitung

Die globale Umweltpolitik verfolgt seit Jahren das Ziel der Substitution von fossilen Energieträgern zum Schutze der Umwelt und pocht auf Nachhaltigkeit durch den Einsatz alternativer Energien. Die Knappheit der fossilen Energieträger drängt ganze Industriezweige zum Umdenken, da nicht nur die Nachhaltigkeit durch Verwendung fossiler Energieträger nicht gewährleistet ist, sondern auch konstant steigende Energiepreise, vor allem in der Grundstoffindustrie einen weitreichenden Einfluss auf die gesamte Wirtschaft, Erzeugerindustrie und schlussendlich auf den Endverbraucher haben.

In diesem Sinne sollen im Zuge dieses Projektes die mögliche Integration eines Vergasungskonzeptes in den Zementproduktionsprozess, der eine Reduktion der fossilen Brennstoffe aufgrund eines verstärkten Einsatzes von Biomasse ermöglicht, überprüft werden. Hierbei sollte thermische Energie von außen zugeführt werden (allotherme Vergasung) um die Biomasse zu spalten (thermische Pyrolyse). Dadurch soll ein möglichst hochkalorisches Produktgas erhalten werden. Derartige Anlagen wurden in den hier angestrebten Leistungsgrößen noch nie realisiert. Zusätzlich besteht in der Verwendung von Roh- und Reststoffen, sowie von Abfallstoffen als Brennstoff ein weiteres Risiko.

Zudem sollen auf Basis einer Prozesssimulation mögliche Potentiale zur Abwärmenutzung und Energieeffizienzsteigerung im gesamten bestehenden Prozess aufgezeigt werden. Daraus soll ein integriertes Gesamtkonzept für die künftige Zementherstellung erarbeitet werden.

2 Inhaltliche Darstellung

Die durchgeführte Literaturstudie sollte, soweit möglich, Informationen und Grundlagen zu den im Folgenden aufgeführten Punkten Auskunft liefern:

- Bauarten und Funktionsprinzip von Biomassevergasern in der angepeilten Leistungsklasse, inkl. notwendiger Sekundärsysteme (z.B. Dampferzeuger, Wärmetauscher, Luftzerlegung, Gasreinigung)
- Wieviel und welche Abfall- bzw. Sekundärbrennstoffe könnten im jeweiligen System zugemischt werden.
- Entwicklungsstatus bezüglich Scale-Up
- Performance- Daten der jeweiligen Systeme (Synthesegaszusammensetzung, Heißgas-/Kaltgaswirkungsgrad, Eigenbedarf)
- Welche Aschezusammensetzung tritt auf, welche Verwertungsmöglichkeiten der Asche sind in Hinblick auf REACH (**R**egistration, **E**valuation, **A**uthorisation and **R**estriction of **C**hemicals) denkbar. Gibt es außer der Asche sonstige Abfall- Ströme?

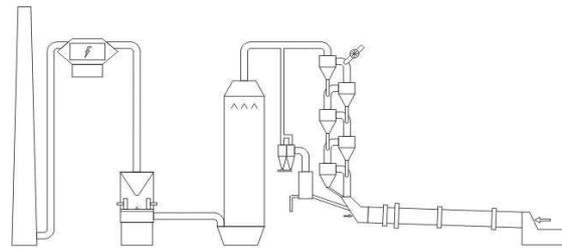
- Nutzungsmöglichkeiten des Synthesegases (Gasmotor, Gasturbine, Verbrennung im Drehrohr, Polygeneration)
- Notwendigkeit der Aufbereitung des Synthesegases für die jeweilige Nutzung (Reinheit, Temperaturniveau)
- Investitionskosten
- Analyse der Kopplungsmöglichkeiten von Vergaser und Zementproduktion (Vergaserbetrieb auch bei Stillstand der Produktion?)
- Was passiert bei einem unmittelbaren Stopp der Ofenanlage mit dem Vergaser?
- Ist der Einsatz von Ganzreifen im Vergaser möglich?

Energiestudie mittels numerischer Prozesssimulation

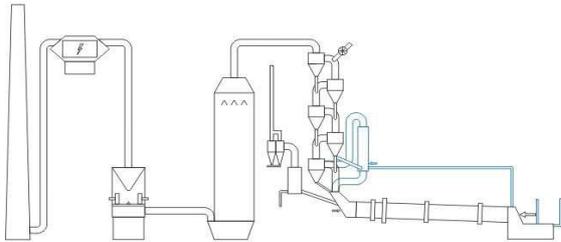
Nach Bestandsaufnahme wurde mittels der erhobenen IST- Werte eine abbildende Darstellung des Zementproduktionsprozesses des Gmundner Zementwerks vorgenommen. Mit den Methoden der numerischen Prozesssimulation wurden verschiedene Prozessmodelle, die zu einer Erhöhung der Gesamteffizienz führen und Potentiale zur Abwärmenutzung aufzeigen sollen, gestaltet.

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die generierten Lastfälle gegeben (vgl. Abbildung 1).

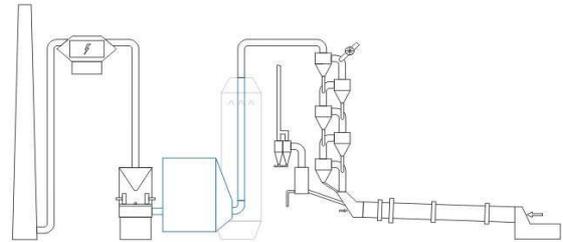
- Lastfall 1: Darstellung des IST-Zustandes der Ofenlinie IV in Gmunden – Grundzustand (Kühlung des produzierten Klinkers mithilfe eines Satellitenkühlers; Abkühlung des Rauchgases mittels eines Verdampfungskühlers)
- Lastfall 2: Steigerung der Effizienz durch Umbau auf Rostkühler und Kalzinator – Modifikation 1
- Lastfall 3: Grundzustand mit Abhitzeessel (AHK) statt Verdampfungskühler (VDK) (bisher im VDK „vernichtete“ Wärme wird über den Abhitzeessel abgeführt und zur Stromerzeugung genutzt)
- Lastfall 4: Grundzustand mit allothermen Wirbelschichtvergaser (AWV) (Reduktion des fossilen Brennstoffeinsatzes und Lieferung homogener Brennstoffe)
- Lastfall 5: Grundzustand mit AHK und AWV
- Lastfall 6: Grundzustand mit Tail-End SCR und Wärmeverschiebesystem (Reduktion der Stickoxidemissionen)
- Lastfall 7: Modifikation 1 mit Tail-End SCR und Wärmeverschiebesystem



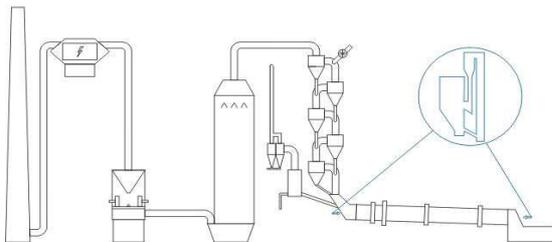
LF1: Ist-Zustand



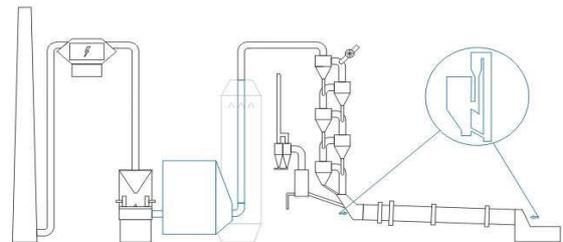
LF2: Kalzinator und Rostkühler



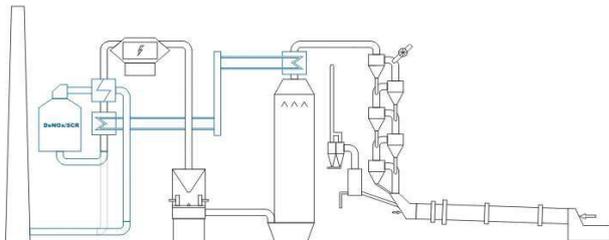
LF3: Abhitzeessel



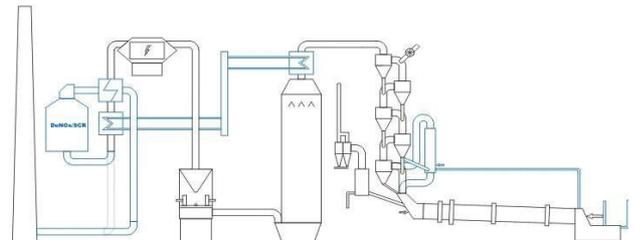
LF4: Vergaser



LF5: Vergaser mit AHK



LF6: DeNOx/SCR



LF7: DeNOx/SCR inkl. Rostkühler u. Kalzinator

Abbildung 1: Generierte Lastfälle

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Bauarten und Funktionsprinzip von Biomassevergaser in der angepeilten Leistungsklasse, inkl. notwendiger Sekundärsysteme (z.B.: Dampferzeuger, Wärmetauscher, Luftzerlegung, Gasreinigung)

Die erläuterte Leistungsgröße von 80 MW lässt die Auswahl zwischen Wirbelschichtvergaser und Flugstromvergaser zu, da diese Vergaserformen bereits in diesen Größen mehrfach realisiert worden sind.

Die Wirbelschichtvergasertechnologie kann ein breites Brennstoffband (auch für flüssige Reststoffe) verwerten, wobei Einschränkungen hinsichtlich der Stückgröße (<100 mm) und der Ascheerweichung gegeben sind. Die Vergasungstemperaturen im Bereich von etwa 800-900 °C lassen ein heizwertreiches und teerhaltiges Gas im Vergleich zum Flugstromvergaser entstehen. Im Fall der Wirbelschichtvergasung bietet sich die Möglichkeit an, Luft als Vergasungsmittel zu verwenden, wobei die Heizwerte des Produktgases dann bei ca. 4-6 MJ/Nm³ liegen. Der Heizwert wird in den meisten Fällen zu niedrig sein, da Heizwerte im Bereich von 10- 12 MJ/Nm³ angestrebt werden. Daher muss im Fall der Wirbelschichtvergasung auf eine Sauerstoff/Dampfvergasung zurückgegriffen werden. Um die Sauerstoff/Dampfvergasung zu realisieren, muss eine Luftzerlegungsvorrichtung zur Sauerstoffbereitstellung implementiert werden, welche einen erhöhten Investitions- und Betriebsaufwand nach sich zieht.

Im Zuge der Literaturrecherche kristallisierte sich eine interessante Vergaservariante heraus, welche auch als allotherme Zweibettwirbelschichtvergasung bekannt ist und mit welcher sich Heizwerte im Bereich von 10- 20 MW bereits mehrfach realisiert haben lassen. Überflüssige Zusatzinvestitionen könnten somit umgangen werden.

Die Flugstromvergasertechnologie wird in der Regel dann eingesetzt, wenn flüssige oder feinkörnige Brennstoffe zur Vergasung anstehen. Durch Vergasungstemperaturen über 1200 °C entsteht methanarmes, nahezu teerfreies jedoch aber heizwertärmeres Produktgas. Die hohen Temperaturen setzen zudem auch Sauerstoff als Vergasungsmittel voraus. Die Flugstromvergasung ist daher nur für eine spezielle Bandbreite an Brennstoffen geeignet und ist somit nicht universell einsetzbar wie Wirbelschichtvergaser.

Im Zusammenhang mit der Literaturrecherche wurden die gängigsten Gasreinigungsketten dargestellt und ausführlich beschrieben. Eine Auswahl vorab gestaltet sich als wenig sinnvoll, da eine genaue Festlegung der Integration der Vergasungsanlage noch nicht stattgefunden hat und somit die Anforderungen an den Gasreinigungsschritt nicht eindeutig spezifiziert sind.

Wie viel und welche Abfall- bzw. Sekundärbrennstoffe könnten im jeweiligen System zugemischt werden

In den vorhandenen Wirbelschichtvergäsern der in der Literaturrecherche gezeigten Beispiele der Vergasungsanlagen in Rüdersdorf und Lahti können unterschiedlichste Reststoffe auch in hohen Anteilen in ein nutzbares Gas überführt werden.

Betrieb dieser Vergaser, vor allem die Teillastfähigkeit (welche Mindestlast?), Betriebszuverlässigkeit und Lastwechselverhalten

Die Wirbelschichtvergasertechnologie gibt eine Mindestlast von ca. 50% vor, da die Fluidisierung des Bettes aufrecht erhalten werden muss. Eine zweitrangige Ausführung der Wirbelschichtvergasung erlaubt ohne weiteres einen Teillastbetrieb von 25%.

Es wurden zudem auch Erfahrungen mit Biomasse- und Reststoffvergasung gemacht, insbesondere in Fällen bei denen das Produktgas nicht abgekühlt wird und nicht speziell gereinigt werden muss. Somit können die meist in der Brennstoffzufuhr auftretenden Betriebsstörungen, bedingt durch Störungen in der Gasreinigung umgangen werden. Die Literaturstudie brachte ebenso hervor, dass das notwendige Lastwechselverhalten für die meisten Anwendungen als ausreichend bewertet werden kann.

Entwicklungsstatus bezüglich Scale-Up

Biomasse- und Reststoffvergasungsanlagen wurden bisher bis zu einer Leistungsgrenze von 100 MW Brennstoff, betrieben und gebaut. Für neue Vergasungskonzepte, wie dem Zweibett-Wirbelschicht- Dampfervergaser liegen die derzeit in Bau bzw. in Betrieb befindlichen typischen Leistungen bei 10- 20 MW (Brennstoff). Ein Scale-Up z.B. auf 80 MW ist vom Prinzip her vorstellbar, steht aber noch aus.

Performance- Daten der jeweiligen Systeme (Synthesegaszusammensetzung, Heißgas-/Kaltgaswirkungsgrad, Eigenbedarf)

Detaillierte Ausführungen zu diesem Thema sind in der Literaturrecherche zu finden. Wie bereits erwartet, ergeben die unterschiedlichen Brennstoffe, Vergasungsmittel in Kombination mit unterschiedlichen Vergasertypen, unterschiedliche Zusammensetzungen des Produktgases, sowie unterschiedliche Qualitäten. Die Heißgaswirkungsgrade liegen typischer Weise im Bereich von 75-90 % und die Kaltgaswirkungsgrade zwischen 55-75 % abhängig von Brennstoff und insbesondere von dessen Wassergehalt.

Welche Aschezusammensetzung tritt auf, welche Verwertungsmöglichkeiten der Asche sind in Hinblick auf REACH denkbar? Gibt es außer der Asche sonstige Abfall- Ströme?

Die Aschezusammensetzung und damit deren Verwertung ist extrem abhängig von den eingesetzten Brennstoffen. Eine seriöse Vorabinformation über Aschezusammensetzung kann somit ohne konkrete Spezifikation des zu verwendenden Brennstoffs nicht gegeben werden. Zudem sind weitere anfallende Abfallströme zu beachten, falls eine Produktgasreinigung erforderlich sein sollte.

Nutzungsmöglichkeiten des Synthesegases (Gasmotor, Gasturbine, Verbrennung im Drehrohr, Polygeneration)

Die Erzeugung von Produktgas, insbesondere mit einer Dampfvergasung, lässt eine Vielzahl von Möglichkeiten offen, das Synthesegas zu nutzen.

Es gibt die Möglichkeit, Wärme für industrielle Prozesse zu erzeugen, Mitverbrennung in Kraftwerken sowie KWK in Gasmotoren, Gasturbinen und Brennstoffzellen. Die GuD mit festen Brennstoffen zur reinen Stromerzeugung, Herstellung von synthetischen Kraftstoffen und Wasserstoff, sowie die Verwendung als Reduktionsgas für die Stahlindustrie bieten sich als Verwendungsmöglichkeit des Synthesegases an.

Notwendigkeit der Aufbereitung des Synthesegases für die jeweilige Nutzung (Reinheit, Temperaturniveau)

Je nach Anwendung des Produktgases (Synthesegases) ist eine unterschiedliche Gasreinigung erforderlich.

Wird das Produktgas für die Wärmenutzung verwendet, ist keine Abkühlung erforderlich (z.B. die Zufeuerung zu Kohlekraftwerken, industrielle Wärmeerzeugung) und ist somit mit dem geringsten Aufwand verbunden.

Wird das Produktgas für die motorische Nutzung in Gasturbinen oder in Gasmotoren verwendet, ist eine gesamte Entfernung von Partikeln sowie insbesondere bei der Nutzung in Gasmotoren eine Teerentfernung von Nöten. Außerdem ist eine Abkühlung auf Umgebungstemperatur erforderlich, um hohe Leistungsdichten erreichen zu können.

Ist eine Nutzung des Produktgases in Brennstoffzellen und für Syntheseanwendungen vorgesehen, so muss zusätzlich eine vollständige Entfernung von Schwefel- und Chlorverbindungen erfolgen, um die notwendigen Katalysatoren nicht zu vergiften und so in kurzer Zeit unwirksam werden zu lassen.

Anhand des in der Literaturstudie gefundenen Beispiels der bestehenden Anlage in Güssing, ist ein interessanter Aspekt für die Anwendung einer Vergasungsanlage in der Zementindustrie dargestellt. Wie aus der Recherche hervorgegangen ist, besitzen die Reststoffe zum Teil erhebliche Chlorgehalte, die im Produktgas vorzufinden sind. Im Fall der Anlage in Güssing wird

das Produktgas auf ca. 200 °C abgekühlt. Anschließend werden in einem Schlauchfilter die Partikel abgeschieden. Bevor jedoch die Filtration stattfindet, wird eine geringe Menge an Kalkstein oder Dolomit in das Produktgas eingeblasen, sodass es im Filter zu einer Bindung des Chlors an den Kalk bzw. Dolomit kommt. Diese Methode zur Reduktion des Chlors ist mit 95% Reduktion sehr effektiv und kann im Prozess als zusätzliche Chlorsenke eingesetzt werden.

Investitionskosten

Große Unterschiede in Komplexität der einzelnen Komponenten des Vergasungsprozesses, wie z.B. die Aufbereitung, die Vergasungstechnologie, Umfang der Gasreinigung und ebenso die anschließende Art der Nutzung, bedeuten große Unterschiede im Kostenfaktor, womit eine seriöse Prognose der Investitionskosten nicht möglich ist, da noch keine Anlagenspezifikationen bestimmt worden sind.

Analyse der Kopplungsmöglichkeiten von Vergaser und Zementproduktion (Vergaserbetrieb auch bei Stillstand der Produktion?)

Die Integration eines Vergasers in ein Zementwerk kann sinnvoll sein, sollte aber in jedem Fall einer Einzelprüfung unterzogen werden. Zurzeit können relativ wenig belastbare Aussagen im Bezug auf die Kopplungsmöglichkeiten getroffen werden. Wobei das Gas, welches sonst im Betrieb, in den Drehrohrofen eingeleitet wird, bei Stillstand einem anderen Zweck zugeführt werden kann.

Was passiert bei einem unmittelbaren Stop der Ofenanlage mit dem Vergaser?

Der Vergasungsprozess kann in Vergasungsreaktoren des Typs Wirbelschicht oder Flugstrom in kürzester Zeit (<1 Minute) eingestellt werden, da sich immer extrem wenig Brennstoff im Reaktor befindet und dieser dadurch sehr schnell wegagieren kann.

Ist der Einsatz von Ganzreifen im Vergaser möglich?

Der Einsatz von Ganzreifen ist in keinem der bisher realisierten Systemen möglich. Es ist grundlegend immer eine mehr oder weniger starke Zerkleinerung notwendig.

Ergebnisse der Lastfall Simulationen

Die Generierung der modifizierten Lastfälle brachte für die bestehende Anlage eine wesentliche Verbesserung in Energieeffizienz und Produktionskapazität. Unter Ausnutzung aller Abwärmepotentiale liefert das Modell das Optimum beim spezifischen Energiebedarf. Die erwartete Reduktion an fossilen Brennstoffen ergibt sich aus der effizienteren Nutzung der eingesetzten Energie für die Zementproduktion. Eine vollständige Substitution der im Regelfall eingesetzten fossilen Brennstoffe und eine Vermeidung der so erzeugten fossilen Kohlenstoffdioxidemissionen konnte mit den generierten Lastfällen nicht erzielt werden. Zusätzlich lässt sich aus den Modifikationen der Lastfälle zeigen, dass die Reduktion von Stickoxidemissionen mittels DeNOx- Implementierung möglich ist und der Betrieb einer solchen Anlage mit anfallenden Abwärmequellen möglich ist. Es ist jedoch zu bedenken, dass die Nutzung der Abwärmepotentiale für eine Stickoxidabscheidung den spezifischen Energiebedarf bzw. die anfallende elektrische Leistung einer potentiellen Stromproduktion vermindert. Im Zusammenhang mit der Erfassung des State of the Art der Vergasertechnologien beschreibt der Einsatz eines allothermen Vergasers als Brennstofflieferant für den Zementprozess einen unkonventionellen aber extrem innovativen Weg.

4 Ausblick und Empfehlungen

Durch die untersuchten Maßnahmen, insbesondere durch den Einsatz eines Vergasungskonzeptes zur Umsetzung von inhomogenen Brennstoffen in homogene Brennstoffe, kann der Einsatz biogener Roh- und Reststoffe sowie der Einsatz von Abfallstoffen weiter gesteigert werden und somit der Einsatz fossiler Rohstoffe verringert werden. Durch die enge Integration des entstehenden Prozesses kann eine weitere Effizienzsteigerung der Gesamtanlage erreicht werden.

Diese Maßnahmen erhöhen den Einsatz lokal vorhandener umweltschonender Brennstoffe und verringern den Einsatz von zu importierenden fossilen Energieträgern.

Die geleistete Vorarbeit und das erlangte Know-How können in naher Zukunft in einen Bau von Referenzanlagen einfließen und durch erkennbare ökonomische und ökologische Vorteile stellt die Umsetzung der Erkenntnisse dieser Durchführbarkeitsstudie eine Signal- und Vorbildwirkung für die gesamte Zementindustrie in Österreich und Europa dar.

Durch die Verwendung moderner Tools zur Umsetzung der Durchführbarkeitsstudie (z.B.: im Bereich der Prozesssimulation) wird die Kompetenz und die Exzellenz im Bereich Forschung weiter ausgebaut. Die Interdisziplinarität fordert das Überspringen enger Fachgrenzen und vereint somit das Fachwissen aus Energietechnik und Grundstoffindustrie.

Aus der Studie ging zudem hervor, dass die Integration von Vergasern in einen Zementproduktionsprozess machbar ist. Speziell wurde die Integration eines allothermen Vergasers betrachtet, welcher im Modell die notwendigen Leistungsgrößen erreichte, jedoch in der Praxis in diesen Größen bisher nicht umgesetzt worden ist. Als zukünftiges Forschungsobjekt kann die Installation eines allothermen Zweibettwirbelschichtvergasers dienen an der ein mögliches Up-Scaling untersucht und durchgeführt werden kann.

Mehrere Lastfälle, die im Zuge der Modellierung und Prozesssimulation simuliert wurden, wurden als durchführbar eingestuft und können somit als Grundlage für eine Umsetzung in realen Projekten dienen. Die erlangten Erkenntnisse und Know-How Gewinne können in ähnlichen Projekten weitergeführt oder als Forschungsgrundlage dienen um neues Wissen im Sektor der alternativen Energien zu generieren.

5 Literaturverzeichnis

ASPENPlus Manuel. aspentech, v7 edition, 2009.

Bombarda P., Invernizzi C., and Pietra C. Heat recovery from diesel engines: A thermodynamic comparison between kalina and ORC cycles. Applied Thermal Engineering, 30 (2010), 212–219, 2009.

Cembureau. ACTIVITY REPORT 2008. European Cement Association, Brüssel, 2009.

CHOREN Homepage: http://www.choren.com/en/biomass_to_energy/carbo-v_technology/ (20th June 2009)

EBARA Homepage: http://www.ebara.ch/_en_/products___services.php?n=1 (20th June 2009)
Engin T., Ari V. Energy auditing and recovery for dry type cement rotary kiln systems. Energy Conversion and Management. 46(2005):551–562, 2004.

Erdmann, C. et al.: Lurgi's MPG and BGL gasifiers at SVZ Schwarze Pumpe. Status and Experiences in IGCC Application. Presented at: Gasification Technologies Conference, San Francisco, 1990. <http://www.gasification.org/Docs/Conferences/1999/GTC99040.pdf> (29th May 2009)

European Commission. Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industry. European Commission, Sevilla, 2007.

European Commission: Integrated Pollution Prevention and Control, Draft Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, Final Draft May 2009, 52-66. <http://www.bde.org/01seiten/documents/WIBREFKapitel2.pdf> (20th June 2009)

Fritz W., Kern H. Reinigen von Abgasen. Vogel Verlag, Würzburg, 3rd edition, 1992.

Fujimara; H. et al.: Fluidized-bed gasification and slagging combustion system. Presented at: IT3 Conference, Philadelphia, 2001.

Goedecke R. Fluidverfahrenstechnik. Wiley-VCH, Weinheim, 2008.

Granatstein, D.: Case study on Lahden Lampovoima Gasification Project Kymijarvi power station, Lahti, Finland. IEA Bioenergy Agreement – Task 36, 2002. <http://www.ieabioenergytask36.org/Publications/2001->

[2003/Case Studies/Case Study on Lahden Lampovoima Gasification Project.pdf](#) (2nd June 2009)

Granatstein, D.: Case study on waste-fuelled gasification project Grève in Chianti, Italy. IEA Bioenergy Agreement – Task 36, 2003. <http://www.ieabioenergytask36.org/Publications/2001-2003/Case Studies/Case Study on Waste-fuelled Gasification Project.pdf> (2nd Juni 2009)

Hewlett P. Lea's Chemistry of Cement and Concrete. Elsevier, Oxford, 4. edition, 2008.

Higman, C.; Van der Burgt, M.: Gasification. Elsevier Science, 2003.

Hiller, H. et al.: Gas production. 7th Edition. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, published online: 15 December, 2008.

Hofbauer, H. et al.: Energiezentrale Güssing - Energiezentrale zur Umwandlung von biogenen Roh- und Reststoffen einer Region in Wärme-, Strom, BioSNG und flüssige Kraftstoffe. In: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Edts.): Berichte aus Energie- und Umweltforschung. 79, 2006, p.55.

http://www.energiesystemederzukunft.at/edz_pdf/0679_energiezentrale_guessing.pdf (3rd June 2009)

Hofbauer, H.; Knoef, H.: Success stories on biomass gasification. In: Knoef, H (Edt.) Handbook Biomass Gasification. Enschede: BTG biomass technology group 2005, 115-161.

Iversen, H.; Gobel, B.: Update on gas cleaning technologies. In: Knoef, H (Edt.) Handbook Biomass Gasification. Enschede: BTG biomass technology group 2005, 189-210.

Jana K. Process Simulation and Control using ASPEN. Ghosh, New Delhi, 1. edition 2009.

Kääntee U., Zevenhoven R., Backman R., and Hupa M. Cement manufacturing using alternative fuels and the advantages of process modelling. 2003.

Kääntee U., Zevenhoven R., Backman R., and Hupa M. Modelling a cement manufacturing process to study possible impacts of alternative fuels - part a. 2003.

Kääntee U., Zevenhoven R., Backman R., and Hupa M. Process modelling of cement manufacturing using alternative fuels. 2001.

Kabir G., Abubakar A.I., and El-Nafaty U.A. Energy audit and conservation opportunities for pyroprocessing unit of a typical dry process cement plant. Energy, 1, 2009.

Kaltschmitt, M. et al. (Edts): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2nd Edition. Berlin: Springer Verlag 2009.

Kaushal P., Pröll T., Hofbauer H. Modelling of the dual fluidized bed biomass gasifier operating at Guessing/Austria. CFB9 Conference, 2008.

Khurana S., Banerjee R., and Gaitonde U. Energy balance and cogeneration for cement plant. Applied Thermal Engineering, 22 (2002), 2001.

Knoef, H.: Practical aspects of biomass gasification. In: Knoef. H (Edt.) Handbook Biomass Gasification. Enschede: BTG biomass technology group 2005, 13-37.

Koppatz S., Pfeifer C., Rauch R., Hofbauer H., Marquard-Moellenstedt T., Specht M. H₂ rich product gas by steam gasification of biomass with in situ CO₂ absorption in a dual fluidized bed system of 8 MW fuel input. Fuel Processing Technology, 2009.

Linero A., Leibacher U., Bellin C. High dust scr succeeds at cementeria di monselice. Air and Waste Management Association Annual Conference and Exhibition, 2007.

Locher F. Zement Grundlagen der Herstellung und Verwendung. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 1. edition, 2000.

Lohe B., Futterer E. Stationäre Flowsheet-Simulation. In: Schuler H. (Hrsg.): Prozeßsimulation. Wiley-VCH, Weinheim, 1995.

Malkov, T.: Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal. Waste Management 24, 53-79, 2004.

Pröll T., Rauch R., Aichernig C., Hofbauer H. Performance characteristics of an 8 MW(th) combined heat and power plant based on dual fluidized bed steam gasification of solid biomass. ECI Conference, 115, 2007.

Rentz O. et al. Integrierter Umweltschutz in der Metallerzeugung: Simulationsgestützte operative Produktionsplanung zur Optimierung metallurgischer Abfallverwertungsprozesse. Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe, 2006.

Schöffmann H. Gas-Bypass-Anlagen zur Beherrschung von Chlorid-Kreisläufen im Zementwerk. <http://institute.unileoben.ac.at/ghiwww/pdf/schoeffmann.pdf> (2009).

Schrod M., Semel J., Steiner R. Verfahren zur Minderung von NO_x-Emissionen in Rauchgasen. 57, 1985.

Schultes M. Abgasreinigung. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996.

Steiner, C. et al.: EBARA's Fluidized Bed Gasification: Atmospheric 2 x 225 t/d for Shredding Residues Recycling and Two-stage Pressurized 30 t/d for Ammonia Synthesis from Waste Plastics. Presented at: 2nd International Symposium on Feedstock Recycling of Plastics, Oostende, 2002.

http://www.ebara.ch/downloads/ebara_ISFR02_EBARA_manuscript_Oostend.pdf (8th May 2009)

Stevens, D.: Hot Gas Conditioning: Recent Progress with Larger-Scale Biomass Gasification Systems. Update and Summary of Recent Progress. NREL Subcontractor Report NREL/SR-510-29952, 2001. <http://www.nrel.gov/docs/fy01osti/29952.pdf> (16th September 2009)

Stubenvoll, J. et al.: State of the art for waste incineration plants. Vienna: Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, Division VI/3, 2002.

Thieme Römpf Online: Entschwefelung. December 2007.

Thomé-Kozmiensky K. et al.: Waste. 7th Edition. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, published online: 15 January, 2008, 150-193.

Thomé-Kozmiensky, K.: Realisierung politisch erwünschter Projekt auf Basis unzureichender Entwicklung – Eine Konsequenz der Akzeptanzdiskussion um die Abfallverbrennung. Vivis Consult GmbH.

Umweltbundesamt. CO₂ Emissionen von Anlagen und Branchen als fachliche Grundlage für den Emissionshandel, Endbericht auf Branchenebene. Umweltbundesamt, Wien, 2006.

VDZ. Durchführung und Auswertung von Drehrohrversuchen. Verein Deutscher Zementwerke, Düsseldorf, 1992.

VÖZ. Nachhaltigkeitsbericht 2008/2009. Verband Österreichischer Zementhersteller, Wien, 2009.

Waldheim, L.: Greve, Arbore and Chrisgas. Presented at: IEA Task 33 Workshop, October 2006. http://media.godashboard.com/gti/IEA/Fall06ChicagoTaskMeeting/IEA_WS6SE2-10-06.pdf (25th September 2009)

Wilk, V. State-of-the-art and comparison of incineration and gasification of residues and waste, Diplomarbeit TU Wien, 2009.



Wirthwein, R. et al.: Betriebserfahrungen mit einem Wirbelschichtvergaser beim Einsatz von Sekundärstoffen für die Schwachgaserzeugung. ZKG International 1, Volume 55 (2002), 61-69.
Zahoransky, R.: Energietechnik: Systeme zur Energieumwandlung. Kompaktwissen für Studium und Beruf. 3rd Edition. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, 2007, 306-308.

IMPRESSUM

Verfasser

Zementwerk Hatschek GmbH

Helmut Leibinger

Hatschekstr 25, 4810 Gmunden

Tel: +43 7612 788-0

E-Mail: helmut.leibinger@rohrdorfer.eu

Web: <http://www.rohrdorfer.eu>

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22

1060 Wien

office@klimafonds.gv.at

www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH