



Doctoral Thesis

Gasification of wood, urban wastewood (Altholz) and other wastes in a fluidised bed reactor

Author(s):

Reichenbach de Sousa, Luiz Carlos

Publication Date:

2001

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004236889> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 14207

Gasification of Wood, Urban Wastewood (Altholz) and other Wastes in a Fluidised Bed Reactor

A dissertation submitted to the
Swiss Federal Institute of Technology Zürich

for the degree of
Doctor of the Technical Sciences

presented by
Luiz Carlos Reichenbach de Sousa
Dipl. Chem.-Ing. ETH
born 27 October 1966
from Brazil and Portugal

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. A. Wokaun (ETHZ), examiner
Prof. Dr. H. Hofbauer (TU-Wien), co-examiner
Dr. S. Stucki (PSI), co-examiner

Zürich June 2001

Summary

Alternative, environmentally sound and renewable energy resources are becoming increasingly important in view of the world's ever increasing population and energy demand and the consequences of the usage of fossil fuels. A possible resource are waste materials such as waste wood and waste plastics. The conversion of these waste fuels into the clean energy carrier methanol may be accomplished by thermochemical gasification as proposed in the BIOMETH project. The waste wood does however contain exobiotic contaminants such as heavy metals and chlorine not found in untreated forest wood. The behaviour of this contaminated fuel in a gasifier has so far not been studied systematically. Also the co-gasification of biomass and plastics has received little attention. The aim of the present thesis is therefore to shed light on the gasification behaviour of the above mentioned fuels and mixtures thereof, with special emphasis on differences in the yield and composition of the product gases and tar by-products.

For this purpose, a stationary fluidised bed gasification reactor facility was built at the Paul Scherrer Institute. With this installation, the gasification process occurring in industrial sized reactors has successfully been simulated and the differences in the gasification behaviour of different fuels under well-defined operational conditions can be established. The operational parameters studied were temperature or equivalence ratio (which are equivalent in an autothermal gasifier for a given fuel humidity), gasification agent (air or steam/oxygen mixtures), steam to biomass ratio and reactor load. The fuels used in the tests were uncontaminated wood in the form of saw dust ("standard clean wood" SCW), urban waste wood ("Altholz" AH) pre-treated for combustion in a cement kiln (i.e. free of metals, stones and milled), mixtures of Altholz with polyethylene (AH+PE) and mixtures of Altholz with polystyrene (AH+PS). The polymers were chosen as they represent the largest fraction of waste plastics and their fraction in the total fuel was also varied. Another fuel parameter studied was the particle size of the unconatminat-ed wood fuel. Data on the gas composition obtained under different conditions as well as tar amount and detailed information on the tar composition was gathered as well as mass flow information enabling for the establishment of mass balances. The analysis of the gas composition has been performed on-line with a process mass spectrometer capable of simultaneous analysis of seven gas components at different loactions in the reactor.

Tars are products from the thermolysis reactions of biomass. This thermolysis is usually named pyrolysis. As gasification is carried out at relatively high temperatures, the pyrolysis step(s) will occur and consequently the tars will always be present in the gasification products. The pyrolysis of biomass has been extensively studied and some insight in the conditions leading to a certain tar has been achieved. Still, the composition and amount of the tars in a particular gasification system has to be experimentally determined. In the case of plastics the situation is similar.

A tar sampling and analysis method was adapted and extensively tested in the course of the experiments. The sampling is based on the absorption of the tar constituents in organic solvents. The quantitative analysis of the tar components was made using gas chromatography coupled with mass selective detection (GC/MSD). A series of 40 compounds, representing the typical composition of the tars of fluidised bed gasifiers, is quantified by this method yielding the tar amount and composition.

Altholz and clean wood yield gases of comparable composition. However, the contaminants in Altholz exhibit catalytic effects on the gas composition, especially when gasifying in steam/oxygen mixtures. Significantly lower tar concentrations have been detected for the gasification of waste wood. The tar composition is very similar for both biomasses. In the range of parameters studied, the gasification agent seems to play only a minor role in determining the tar amount and composition. The particle size is seen to have an influence on the amount but not on the composition of the tars. A finer fuel produces larger tar amounts in the gas.

The admixture of plastics yields a different thermal behaviour of the fuel, leading to higher gasification temperatures under otherwise identical conditions. Both plastics studied cause a marked increase in the tar amount in the gas, especially at low equivalence ratios. The tar amounts may however be lowered by increasing the equivalence ratio. The effects observed are clearly dependent on the amount of plastics added to the waste wood.

Zusammenfassung

Alternative, umweltverträgliche und erneuerbare Energiequellen werden zunehmend wichtiger in einer Welt, in der Bevölkerung und Energieverbrauch immer wachsen und eine verstärkte Nutzung fossiler Energiequellen unabschätzbare Folgegefahren birgt. Eine interessante solche Quelle sind Abfälle wie Altholz und Abfallkunststoffe. Die Umwandlung dieser Ressourcen in den sauberen Energieträger Methanol kann via thermochemische Vergasung erzielt werden, wie im Projekt BIOMETH vorgeschlagen. Altholz enthält aber im Gegensatz zu naturbelassenem Holz Schadstoffe wie Schwermetalle und Chlor. Das Verhalten dieser Schadstoffe in einem Vergaser wurde bislang nicht systematisch untersucht. Co-vergasung von Biomasse und Kunststoffen wurde ebenfalls bisher nur unzulänglich studiert. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist also, das Vergasungsverhalten dieser Brennstoffe und deren Gemische zu untersuchen, wobei besonders auf Unterschiede in der Gas- und Teerzusammensetzung sowie der Teermenge eingegangen wird.

Für diesen Zweck wurde am Paul Scherrer Institut eine Anlage nach dem Prinzip der stationären Wirbeschicht aufgebaut. Diese Versuchsanlage erlaubt die Simulation der Vergasungsprozesse, wie sie in grösseren Anlagen stattfinden. Unterschiede im Vergasungsverhalten verschiedener Brennstoffe können damit unter kontrollierbaren Prozessbedingungen festgestellt werden. Die Parameter, welche mit dieser Anlage untersucht wurden, sind die Temperatur oder das Verhältnis von Sauerstoff zu Brennstoff (welche in einen autothermen Vergaser bei gegebene Brennstofffeuchte equivalent sind), das Vergasungsmittel (Luft oder gemische aus Sauerstoff und Wasserdampf), das Verhältnis von Dampf zu Biomasse und die Reaktorleistung. Zum Einsatz kamen folgende Brennstoffe: naturbelassenes Holz in Form von Sägemehl ("standard clean wood", SCW), Altholz (AH), welches in einen Zementwerk aufbereitet wurde (d.h. frei von Metallen, Steinen und fein zerkleinert), Gemische aus Altholz und Polyethylen (AH+PE) und Gemische aus Altholz und Polystyrol (AH+PS). Diese Kunststoffe wurden ausgewählt, weil sie die Hauptbestandteile von Kunststoffabfällen sind. Der Effekt des Anteils Kunststoff im Brennstoff wurde auch untersucht. Weiter wurde der Einfluss der Brennstoffpartikelgrösse anhand von zerkleinertem, naturbelassenem Holz studiert. Die Materialflüsse, die Gaszusammensetzungen, die Teermengen und -zusammensetzungen, welche unter verschiedenen Bedingungen resultierten, wurden gemessen, um Massenbilanzen der Anlage zu erstellen. Die Gasanalyse erfolgte durch ein on-line Massenspektrometer, welches pa-

parallel die Konzentration von sieben gasförmigen Komponenten an verschiedenen Orten des Vergasers misst.

Teere sind Produkte der Thermolyse von Biomasse, auch Pyrolyse genannt. Pyrolyse ist ein integraler Bestandteil der Vergasung, da der Brennstoff auf vergleichsweise hohe Temperaturen gebracht werden muss, um zu vergasen. Deshalb sind Teere immer Bestandteil der Vergasungsprodukte. Die Pyrolyse von Biomasse wurde eingehend studiert, und qualitative Aussagen können in Bezug auf die zu erwartenden Teerkomponenten in einem Vergasungssystem gemacht werden. Allerdings muss die genaue Menge und Zusammensetzung der Teere experimentell ermittelt werden. Für Kunststoffe ist die Situation ähnlich.

Eine Teermessmethode wurde entwickelt und in den Versuchen eingehend getestet. Die Teerprobenahme basiert auf der Absorption der Teerkomponenten in organischen Lösungsmitteln. Eine Reihe von 40 Substanzen, charakteristisch für die Teere von Wirbelschichtvergasern, wurde mittels Gaschromatographie mit massenspektrometrischem Detektor (GC/MS) quantifiziert und daraus die Teermenge und Zusammensetzung ermittelt.

Altholz und naturbelassenes Holz ergeben vergleichbare Gaszusammensetzungen. Die Schadstoffe im Altholz zeigen allerdings einen katalytischen Effekt auf die Gaszusammensetzung, besonders bei der Vergasung in Sauerstoff/Dampf-Gemischen. Die Teermenge ist bei Einsatz von Altholz merklich tiefer als bei naturbelassenem Holz, auch wenn die Teerzusammensetzung sehr ähnlich ist. Im untersuchten Parameterbereich konnte kein Einfluss des Vergasungsmediums auf Teermenge und -zusammensetzung festgestellt werden. Die Partikelgröße des Brennstoffes hat einen merklichen Einfluss auf die Teermenge: je feiner der Brennstoff, umso grösser ist die Teerkonzentration im Gas.

Die Altholz/Kunststoff Gemische zeigen ein anderes thermisches Verhalten als "reines" Altholz: die Vergasungstemperaturen waren merklich höher bei den Kunststoffgemischen unter sonst identischen Bedingungen. Beide Kunststoffsorten verursachten eine deutliche Zunahme der Teermengen. Diese Unterschiede waren besonders ausgeprägt bei tiefen Sauerstoff/Brennstoff-Verhältnissen und nahmen mit zunehmenden Sauerstoff/Brennstoff-Verhältnissen ab. Die beobachteten Effekte waren ferner von der zugegebenen Menge Kunststoff abhängig.