

Wasserstoff- und Methanherzeugung aus nasser Biomasse

Hydrogen and Methane Production from Wet Biomass

INSTITUT FÜR KATALYSEFORSCHUNG UND -TECHNOLOGIE (IKFT)
INSTITUTE OF CATALYSIS RESEARCH AND TECHNOLOGY (IKFT)



Motivation

Der steigende Bedarf an Primärenergie bei gleichzeitiger Verknappung der fossilen Energieträger sowie der Anstieg der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre machen eine verstärkte Nutzung von regenerativen Energiequellen zur Energieerzeugung notwendig. Dabei kann Biomasse einen wertvollen Beitrag leisten. Bei einem wesentlichen Teil der anfallenden Biomasse handelt es sich um nasses Material mit einem Wassergehalt von bis zu 95 %. Der Energieinhalt dieser jährlich in Deutschland anfallenden Menge entspricht dem von 10–15 Millionen Tonnen Heizöl. Eine neue, dazu geeignete Umwandlungstechnologie mit dem Ziel der Wasserstoff- und Methan-erzeugung wird im Folgenden vorgestellt. Der Prozess liefert somit eine chemische, höherwertige und vielfältig nutzbare Energieform.

Einsatzprodukte

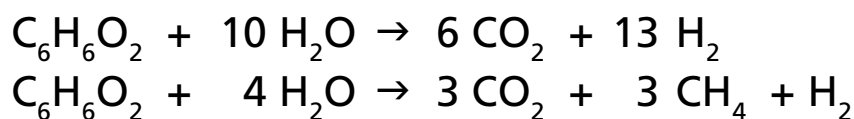
Für diesen neuen Prozess können Abfallbiomassen aus der Landwirtschaft, der Getränkeindustrie und der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden.

Beispiele:

- Traubentrester
- Biertreber
- Gewächshausabfälle
- Klärschlamm
- Zuckerrübenabfälle
- Gülle
- Algen, Wasserpflanzen

Methode

Der organische Anteil der Biomasse reagiert mit überkritischem Wasser, d. h. bei Temperaturen > 374 °C und Drücken > 220 bar. Dabei wird nicht nur der in der Biomasse gebundene Wasserstoff, sondern zusätzlich auch Wasserstoff aus dem Wasser freigesetzt. Das Wasser dient also nicht nur als umweltfreundliches Lösungsmittel, sondern auch als Wasserstofflieferant. Typische Reaktionsbedingungen dieses als hydrothermale Vergasung bezeichneten Verfahrens sind Temperaturen um 650 °C und ein Druck von 300 bar. Näherungsweise gilt für die Umsetzung von Biomasse:



Weitere Bestandteile des Produktgases sind vor allem Methan, Kohlendioxid, CO₂ und in geringem Ausmaß Ethan und Propan. Das hochwertige Produkt-Brenngas kann in Gasmotoren, Turbinen oder in Brennstoffzellen zur Stromerzeugung ohne aufwändige Konditionierung eingesetzt werden.

Motivation

The increasing demand for primary energy with the parallel shortage of fossil fuels as well as the increase in the carbon dioxide concentration in the atmosphere push for a stronger role of renewable energy sources for the energy production. Reasonable energetic use of biomass could make a valuable contribution therefor. Essential part of the arising residual biomass consists of wet material with a water content up to 95 %. In Germany, the energy content of this rest biomass annually corresponds to those of 10–15 million tons of fuel oil. A new suitable conversion technology for the production of hydrogen and methane is presented below. The process provides thereby a chemical, high-value, and manifold usable form of energy.

Feedstock

For this new process, waste biomass from agriculture, beverage and food industry as well as from fast growing plants („energy plants“) can be used as feedstock.

Examples:

- draff
- greenhouse waste
- sewage sludge
- grape residue
- algae, aquatic plant
- sugar beet waste
- liquid manure

Method

The organic matter of biomass reacts with supercritical water, i.e. at temperatures > 374 °C and pressures > 220 bar. Hereby, hydrogen from biomass as well as from water is gained. Thus, water is not only an environment-friendly solvent, but also a hydrogen source. Typical reaction conditions of this process – also known as hydrothermal gasification – are temperatures of 600 °C and pressures of 300 bar. The following equations apply for the conversion of biomass:

Further components of the product gas are mainly methane, carbon dioxide, CO₂ as well as a small amount of ethane and propane. The high-grade combustible product gas can be used in gas engines, turbines or in fuel cells for the generation of electricity without complex conditioning.

Wesentlicher Vorteil des neuen Verfahrens zur energetischen Nutzung nasser Biomasse ist der Wegfall der energieintensiven Trocknung der Ausgangsbiomasse, die bei den traditionellen Verfahren, die einen trockenen Eingangsstoff erfordern, notwendig ist.

Main advantage of the new process for the energetic utilization of wet biomass is the omission of the energy-intensive drying of the biomass feedstock, necessary for traditional processes requiring a dry feedstock.

Vorteile des Verfahrens der hydrothermalen Vergasung nasser Biomasse:

- keine Vortrocknung des Edukts
- nahezu vollständiger Umsatz
- ohne Katalysatorzusatz
- hoher thermischer Wirkungsgrad
- sauberes Produktgas, da kaum Teer- und Rußbildung
- direkte Erzeugung von Wasserstoff und Methan
- CO₂-Abtrennung durch einfache Gaswäsche
- Produktgas unter hohem Druck verfügbar
- geringe Kompressionsarbeit

Advantages of the hydrothermal gasification process of wet biomass:

- *no drying of the feedstocks*
- *nearly complete conversion*
- *no need for using a catalyst*
- *high thermal efficiency*
- *clean product gas with almost no tar and soot formation*
- *direct generation of hydrogen and methane*
- *simple CO₂ removal by scrubbing*
- *product gas under high pressure available*
- *low compression work*

Anlagenbeschreibung

Die Pilotanlage VERENA (Versuchsanlage zur energetischen Nutzung agrarwirtschaftlicher Stoffe) wurde für einen Gesamtdurchsatz von 100 kg/h Biomasse mit bis zu 20 % Trockensubstanz konzipiert.

Im Feedsystem wird die Biomasse gegebenenfalls mit Wasser vermischt, zerkleinert, konditioniert und in Form einer Lösung, Dispersion oder Suspension mit einer Hochdruckpumpe auf bis zu 300 bar verdichtet und in das Reaktionssystem gefördert. Im Reaktionssystem wird dieser Biomasse-Feed in einem Wärmetauscher und einem ersten Vorheizer aufgeheizt. Dabei fallen anorganische Salze aus und werden gezielt abgetrennt. Die Biomasse wird in einem zweiten Vorheizer auf Temperaturen von bis zu 670 °C erhitzt und anschließend im Reaktor umgesetzt. Die Reaktionsprodukte sind Wasserstoff, Kohlendioxid, Methan, Ethan und Spuren von Kohlenmonoxid. Diese Produktgase bilden mit überschüssigem Prozesswasser eine homogene Phase. Die benötigte Reaktionsenergie wird durch Beheizung der Vorheizer und des Reaktors mit Rauchgas oder heißem Stickstoff aufgebracht. Die den Reaktor verlassenden Produkte

Description of the plant

The pilot plant VERENA (German acronym for „experimental facility for the energetic use of biomass“) is designed for a total throughput of 100 kg/h of biomass with up to 20 % dry matter.

In the feed system, if necessary, biomass is mixed with water, crushed and conditioned. The educt in form of a solution, a dispersion or a suspension is then compressed up to 300 bar with a high pressure pump and delivered to the reaction system. In the reaction system, the feed is heated up in a heat-exchanger and a first pre-heater. Thereby, inorganic salts precipitate and are separated. Then, the biomass is heated up to 670 °C in a second pre-heater and is subsequently gasified in the reactor. The reaction products are hydrogen, carbon dioxide, methane, ethane and traces of carbon monoxide. These product gases form a homogeneous phase with the excess process water. The required reaction energy is brought up in the pre-heaters and the reactor by heating via flue gas or hot nitrogen. The discharging products are conducted in reverse flow through the heat-exchanger and transfer their

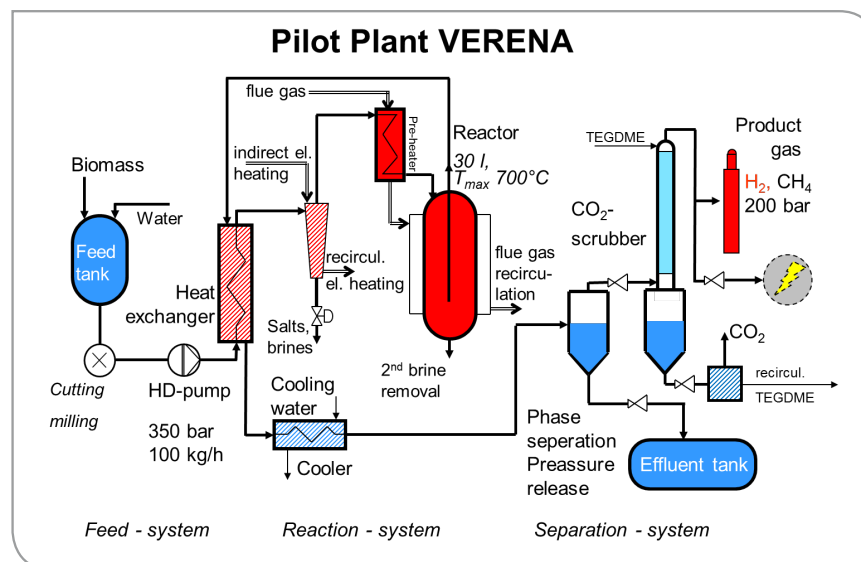


werden im Gegenstrom durch den Wärmetauscher geführt und geben ihren Wärmeinhalt an den aufzuheizenden Biomasse-Feed ab. Dieser Schritt wird durch den hohen Prozessdruck ermöglicht und ist entscheidend für die energetische Effizienz des Verfahrens. Beim Abkühlen des Produktgases wird die Restwärme mittels Kühlwasser, das zur Niederdruckdampf- oder Warmwassergewinnung verwendet werden kann, abgeführt, und das Produktgas trennt sich von der Wasserphase. Im Abscheidesystem werden die gebildeten Reaktionsgase vom Prozesswasser durch ein- oder zweistufige Druckentspannung abgetrennt. Der zweite Abscheider ist mit einem CO₂-Wäscher ausgerüstet. Das Produktgas wird zur Energieerzeugung verwendet. Nach geeigneter Konditionierung (Reforming oder Methanisierung) kann das Produktgas auch chemisch genutzt werden. Das Prozesswasser kann ohne weitere Behandlung in den Vorfluter eines Klärwerkes eingeleitet werden.

Die Energiebilanz bei der Vergasung eines 15 Gew. % Methanol-Feeds liefert folgende Eckdaten: Energieverbrauch der Heizung 41 kWth und nur 2 kWe an elektrischer Energie. Das Produktgas hat einen unteren Heizwert von 85 kWth, zusätzlich werden 11 kWth an Warmwasser gewonnen. Der theoretische thermische Wirkungsgrad des Prozesses liegt bei 80 %

heat-content to the biomass feed. This step is enabled by the high process pressure and is essential for the energy efficiency of the process. By cooling down the product gas, the remaining heat is dissipated via cooling water. This can be used as source of low pressure steam or hot water. In the separation system, the formed reaction gases are separated from the process water by one or two step pressure relief. The second separator is equipped with an integrated CO₂ scrubber. The product gas is used for energy production. After appropriate conditioning (reforming or methanation), the product gas can also be used for chemical applications. The process water can be discharged in a preflooder of a sewage treatment plant.

The energy balance for the gasification of a feed with a methanol content of 15 wt.% shows the following basic data: energy consumption for heating 41 kWth, for electric energy only 2 kWe. The product gas obtained has a lower heating value of 85 kWth. Additionally 11 kWth in form of hot water can be gained. The theoretical thermal efficiency of the process is 80 %.



Weitere Informationen erhalten Sie von/For further information please contact:

Karlsruher Institut für Technologie, Campus Nord
 Institut für Katalyseforschung und -technologie IKFT
 Dr. Nikolaos Boukis, Telefon: +49 721 608-24825,
 E-Mail: nikolaos.boukis@kit.edu
 Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer, Telefon: +49 721 608-22401,
 E-Mail: office@kit.edu
 KIT-Innovationsmanagement
 Dr. Thomas Kröner, Lizenzmanager, Telefon: +49 721 608-22590,
 Fax: +49 721 608-25523, E-Mail: info@kit.edu

Besucheranschrift: Hermann-von-Helmholtz-Platz 1,
 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany
 Postanschrift: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe, Germany

Karlsruhe, Germany
 © KIT 2015