



Holzgaskraftwerke

Von der Technik zur Anwendung

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

Holzgaskraftwerke (Holzgas-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen) gewinnen in Österreich immer mehr an Bedeutung. Im elektrischen Leistungsbereich bis 1 Megawatt (MW) sind die meisten neu errichteten Holzkraftwerke in Österreich heute Holzgaskraftwerke. Die Anlagen leisten einen wesentlich Beitrag zur dezentralen Strom- und Wärmeversorgung und damit zur Substitution fossiler Energieträger.

Österreich ist ein Pionier im Bereich der Holzgaserzeugung, denn mehrere namhafte Hersteller haben hier ihren Firmensitz. Der Bau und Betrieb von Holzgaskraftwerke leistet daher einen wichtigen Beitrag zum Erhalt des Wirtschaftsstandorts Österreich, schafft regionale Wertschöpfung und Arbeitsplätze.

Holzgaskraftwerke sind vielfältig einsetzbar und sehr effizient. Ihr Betrieb geht aber auch mit speziellen Herausforderungen einher. Mit dieser Broschüre wollen wir Ihnen die Funktionsweise und die Einsatzmöglichkeiten von Holzgaskraftwerken näherbringen.

Beste Grüße,

Hans-Christian Kirchmeier
Vorsitzender des Vorstands



Grundlagen der Holzgaserzeugung	Seite 4
Verfahrensschritte	Seite 4
Brennstoffbereitstellung	Seite 5
Vergasung	Seite 5
Gasreinigung	Seite 7
Energieerzeugung	Seite 7
Technische Konzepte	Seite 8
Festbettreaktor	Seite 8
Wirbelschichtreaktor	Seite 9
Holzgaskraftwerke in der Praxis	Seite 10
Einsatzorte	Seite 10
Betrieb	Seite 10
Firmenportrait	Seite 13
Quellenverzeichnis	Seite 15

Grundlagen der Holzgaserzeugung

Verfahrensschritte

Holzgas entsteht durch die thermo-chemische Umwandlung von Holz in einen gasförmigen Energieträger (synthetisches Gas/Holzgas). Die chemischen Vorgänge des Vergasungsprozesses gleichen jenen bei der Verbrennung. Im Gegensatz zur Verbrennung laufen sie jedoch zeitlich und örtlich getrennt und unter Sauerstoffmangel ab.

Der gesamte Vergasungsprozess kann grob in vier Systemelemente unterteilt werden. Hierzu zählen Brennstoffbereitstellung, Vergasung, Gasreinigung und die Nutzung des Gases (siehe Abbildung 1).

Der erste Schritt ist die Bereitstellung des geeigneten Brennstoffs. Im nächsten Schritt, der Vergasung, wird der Brennstoff in den Vergasungsreaktor eingebracht und in das Produktgas umgewandelt. Das so erzeugte Produktgas enthält eine Reihe von Schadstoffen, welche im Schritt der Gasreinigung entfernt und abgetrennt werden. Nach der Reinigung wird das Gas als „Reingas“ bezeichnet und kann nun im letzten Schritt im Blockheizkraftwerk (BHKW) mittels Gasmotoren zu elektrischer Energie und Wärme umgewandelt werden. Im Folgenden werden die Verfahrensschritte im Detail erklärt.

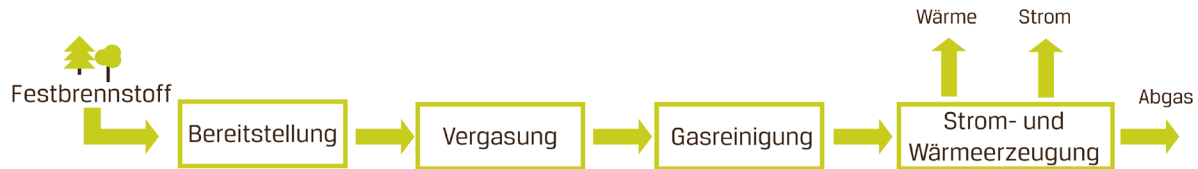


Abbildung 1: Ablauf der Holzgaserzeugung und Nutzung

Brennstoffbereitstellung

Für die Holzgaserzeugung wird Holzhackgut als Brennstoff eingesetzt. Die Ansprüche an den Brennstoff hinsichtlich Holzfeuchte, Korngröße, Feinanteil und Störstoffanteil unterscheiden sich abhängig vom gewählten technischen Konzept.

Die Brennstoffbereitstellung umfasst alle notwendigen Maßnahmen zur Aufbereitung, Lagerung, Trocknung und Förderung des Brennstoffs. Die Trocknung kann extern oder in die Anlage integriert erfolgen. Üblicherweise wird ein Teil der ausgekoppelten Abwärme zur Brennstofftrocknung genutzt. Abhängig vom Vergasertyp kann eine Abscheidung von Feinanteilen oder Störstoffen Teil der notwendigen Brennstoffaufbereitung sein.

Die Beschickung der Anlage erfolgt in der Regel über Schubböden oder Förderschnecke.

Vergasung

Der Vergasungsprozess ist der wichtigste Schritt der gesamten Holzgaserzeugung. Hierbei wird der Holzbrennstoff in ein verwertbares Gas umgewandelt. Der Vergasungsprozess lässt sich in drei Prozessschritte einteilen:

Aufheizung

Die Aufheizung ist der erste Verfahrensschritt des Vergasungsprozesses. Hierbei wird der Holzbrennstoff erhitzt. Bei einer Temperatur von 98°C bis 103°C beginnt das in der Biomasse enthaltene Wasser zu verdampfen. Nach der vollständigen Verdampfung des Wassers beginnt ab einer Temperatur von rund 200°C die Phase der pyrolytischen Zersetzung.

Pyrolytische Zersetzung

Bei der pyrolytischen Zersetzung werden die chemischen Strukturen des Holzes aufgelöst. Die Pyrolyse findet ohne von außen zugeführtem Sauerstoff statt. Makromoleküle in den Holzbausteinen, wie z.B. Lignin und Zellulose, brechen auf. Hierdurch entstehen neue kürzere Moleküle, die das Holz in gasförmigem Zustand verlassen.

Bei rund 550°C ist die Pyrolyse abgeschlossen und es verbleibt ein fester Rückstand - der Pyrolysekoks. Dieser besteht zu einem großen Teil aus Kohlenstoff und Asche. Es folgt nun die Phase der eigentlichen Vergasung.

Vergasung

Die Vergasung dient der Herstellung des Produktgases, welches anschließend als Brenngas verwendet wird. In dieser Phase werden die bei der Pyrolyse entstandenen gasförmigen, flüssigen und festen Produkte weiter erhitzt und anschließend mit einem von außen zugeführten sauerstoffhaltigen Vergasungsmittel (z.B. Luft) zur Reaktion gebracht. So entsteht ein Produktgas mit den brennbaren Hauptbestandteilen Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Methan.

In Abbildung 2 sind die einzelnen Schritte des Vergasungsprozesses sowie die benötigten Temperaturen graphisch dargestellt.

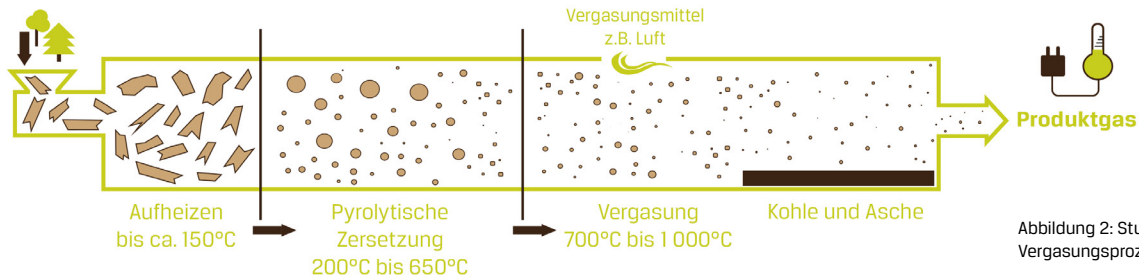


Abbildung 2: Stufen des Vergasungsprozesses

Gasreinigung

Das bei der Holzgaserzeugung entstehende Produktgas enthält verschiedene Verunreinigungen, die Schäden an den nachfolgenden Anlagenteilen, vor allem am Gasmotor, verursachen können. Daher müssen diese Verunreinigungen entfernt werden, bevor das Holzgas im Gasmotor zur Energieerzeugung verwendet wird. Die wichtigsten Verunreinigungen sind Teere, Partikel, sowie Kalium- und Natriumverbindungen.

Die Gasreinigung kann über trockene Verfahren, wie z.B. Zyklone oder Filterkerzen, oder über Nassverfahren (Gaswäscher) erfolgen. Auch kombinierte Verfahren sind möglich. Im Zuge der Gasreinigung wird das Produktgas zusätzlich auf die für die nachfolgende Gasnutzung ideale Temperatur gekühlt.

Energieerzeugung

Die Strom- und Wärmeerzeugung erfolgt in Holzgaskraftwerken in der Regel in Verbrennungsmotoren. Es können sowohl Ottomotoren als auch Dieselmotoren genutzt werden, wobei für die Gasnutzung adaptierte Dieselmotoren am häufigsten zum Einsatz kommen. Die optimale Anpassung des Motors an das produzierte Holzgas ist eine wesentliche Voraussetzung für die Minimierung von Schadstoffemissionen.

Zur Wärmenutzung wird in der Regel die anfallende Wärme bei der Gaskühlung sowie die Abwärme des Gasmotors herangezogen.

Technische Konzepte

In Holzgaskraftwerke kommen vor allem zwei technische Konzepte in unterschiedlichen Varianten zum Einsatz: Festbettreaktoren und Wirbelschichtreaktoren.

Während Wirbelschichtreaktoren vor allem im größeren Leistungsbereich (ab 10 MW Brennstoffwärmeleistung) eingesetzt werden, finden Festbettreaktoren im kleinen Leistungsbereich (bis 2 MW Brennstoffwärmeleistung) Anwendung. Bei den meisten in Österreich errichteten Holzgaskraftwerken handelt es sich um Festbettreaktoren.

Die beiden Reaktortypen werden in der Folge kurz erläutert.

Festbettreaktor

In Festbettreaktoren liegt der Brennstoff als Schüttung vor und wird von der Gasphase durchströmt. Dabei findet fast kein Partikelaustrag statt. Nur feinste Teilchen werden mit dem Gas mittransportiert. Abhängig von der Bewegungsrichtung von Brennstoff und Vergasungsmittel unterscheidet man in Gleichstrom- und Gegenstromreaktoren. Im Gleichstromreaktor bewegen sich Brennstoff und Vergasungsmittel in die gleiche Richtung. Im Gegenstromreaktor strömen sie in entgegengesetzte Richtungen.

Eine Sonderform des Festbettreaktors ist der Schwebebettreaktor. Hierbei handelt es sich um ein mehrstufiges Verfahren. Pyrolyse und Vergasung finden getrennt in eigenen Anlagenteilen statt. Während der Vergasung wird die Schüttung von unten nach oben durchströmt und in einem Schwebezustand gehalten. Dadurch bleibt die Schüttung locker und kann leichter von der Gasphase durchströmt werden.

Wirbelschichtreaktor

Im Wirbelschichtreaktor wird der Brennstoff gemeinsam mit einem Bettmaterial (z.B. Sand) eingebracht und aufrecht vom Vergasungsmittel durchströmt, wodurch es zu einer Verwirbelung der Schüttung kommt. Die Schüttung „fluidisiert“ daraufhin, verhält sich also vergleichbar zu einer Flüssigkeit. Im Wirbelschichtreaktor werden Brennstoff und Vergasungsmittel besonders intensiv durchmischt.

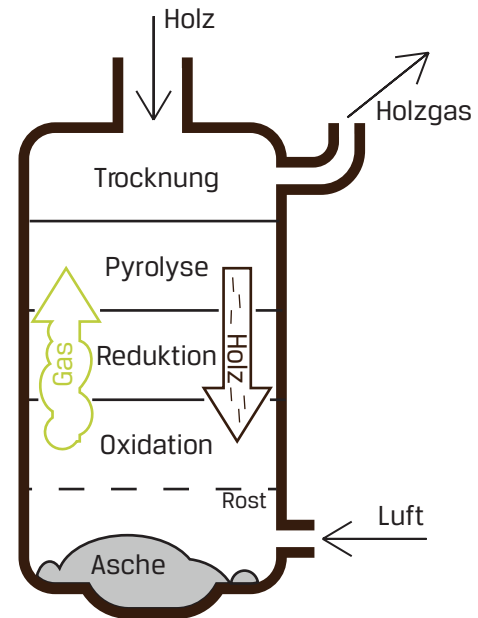


Abbildung 3: Holzgasgewinnung mittels Gegenstromverfahren

Holzgaskraftwerke in der Praxis

Einsatzorte

Wesentlicher Vorteil von Holzgaskraftwerken ist, dass sie auch im kleinen Leistungsbereich hohe elektrische Wirkungsgrade und damit eine hohe Gesamteffizienz erreichen. Holzgaskraftwerke eignen sich daher ideal zur Erweiterung von Biomasseheizwerken von reiner Wärmeproduktion zu Strom- und Wärmeerzeugung. Sie können außerdem in Industrie- und Gewerbebetrieben, sowie in der Landwirtschaft und Hotellerie zum Einsatz kommen, sofern ein konstanter Wärmebedarf gegeben ist.

Voraussetzung für den Betrieb eines Holzgaskraftwerkes ist die ganzjährige Wärmeabnahme. Es sollte eine möglichst hohe Volllaststundenzahl erreicht werden, ohne dass Wärme weggekühlt werden muss, da dies die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlage negativ beeinträchtigt. Die Leistung der Holzgaskraftwerke muss folglich an den konstanten Wärmebedarf bzw. bei Nah- und Fernwärmanlagen an die Grundlast im Wärmenetz angepasst werden.

Betrieb

Holzgaskraftwerke sind in der Praxis erprobt und bereits vielfach erfolgreich im Einsatz. Dennoch erfordert der Betrieb etwas mehr Wartungs- und Betreuungsaufwand als ein Biomassekessel zur ausschließlichen Wärmeerzeugung.

In der Praxis ist vor allem auf die korrekte Brennstoffaufbereitung und den optimalen Betrieb des Gasmotors zu achten.

Brennstoff

Die Wahl des geeigneten Holzhackguts sowie die richtige Aufbereitung sind kritisch für den effizienten Betrieb eines Holzgaskraftwerkes. Besonders einstufige Festbettreaktoren stellen hohe Ansprüche an den eingesetzten Brennstoff. Es sollten daher jedenfalls die Herstellervorgaben hinsichtlich Wassergehalt, Korngröße und Feinanteil eingehalten werden.

Generell sollte für Holzgaskraftwerke ein gleichmäßig stückiger, nicht zu feuchter Brennstoff zum Einsatz kommen, da ansonsten die Gasqualität leidet und Emissionsgrenzwerte eventuell nicht mehr eingehalten werden können. Ein hoher Rindenanteil, zu große Feinanteile und Störstoffe können zu deutlich erhöhter Schlackebildung im Vergasungsreaktor beitragen und Betriebsstörungen verursachen.

Die Brennstoffbereitstellung ist ein wesentlicher Kostenfaktor beim Betrieb eines Holzgaskraftwerkes. Über 50% der Stromgestehungskosten sind auf den Brennstoff zurückzuführen. Die ausreichende Verfügbarkeit und das Preisniveau des eingesetzten Brennstoffs sind daher bei Planung und Betrieb eines Holzgaskraftwerkes unbedingt zu berücksichtigen.

Emissionen

Im Bereich der Emissionen sind insbesondere Abgasemissionen und Lärmemissionen zu beachten. Die Grenzwerte für Abgasemissionen werden bundesländerspezifisch geregelt.

In Tabelle 1 sind Richtwerte für die Emissionsgrenzwerte aufgelistet. Die Einhaltung dieser Vorgaben sollte unbedingt vor der Errichtung mit dem Hersteller abgeklärt werden.

Parameter	Brennstoffwärmeleistung (MW)	
	bis 0,25	> 0,25
CO (mg/m ³)	1.000*	400*
NO _x (mg/m ³)	1.000	500
NMHC (mg/m ³)	-	150

Tabelle 1: Richtwerte für Emissionsgrenzwerte

Die Grenzwerte für CO, NO_x, NMHC und Staub der Z 1 bis 3 sind jeweils auf einen Sauerstoffgehalt von 5% bezogen.

* Für mit Holzgas betriebene Blockheizkraftwerke gilt ein Wert von 1.500 mg/m³.

Quelle: Vereinbarung Art. 15a B-VG

Die Vermeidung von Abgasemissionen erfolgt direkt am Gasmotor, einerseits durch auf die optimale Anpassung des eingesetzten Motors auf das vorliegende Holzgas, andererseits durch sekundäre Maßnahmen wie Katalysatoren. Zusätzlich ist eine stationäre Notfackel vorzusehen. Im Falle von Betriebsstörungen dient die Notfackel zur thermischen Beseitigung von Holzgas. Damit werden potentielle Umweltschäden verhindert. Die einzuhaltenden Werte für die Schallemissionen werden von der zuständigen Behörde vorgeschrieben. Direkten Einfluss auf diese hat der Standort des geplanten Projektes. In bewohntem Gebiet sind die Schallschutzvorgaben üblicherweise strenger als in einem reinen Industriegebiet. Die Hauptlärmquelle eines Holzvergasers ist das Blockheizkraftwerk (BHKW), zu sehen auf Abbildung 3. Daher wird empfohlen, dieses in einen extra schallgedämmten Raum zu platzieren.

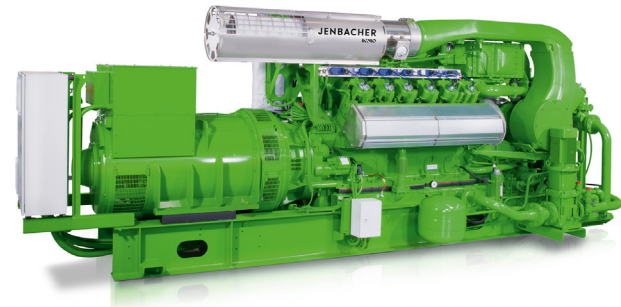


Abbildung 3: Blockheizkraftwerk

Kaltschmitt, M., & Streicher, W. (2009). *Regenerative Energien in Österreich : Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalysen, Potenziale, Nutzung*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.

Kaltschmitt, M., Hartmann, H., & Hofbauer, H. (2016). *Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Heidelberg, Berlin: Springer.

Uttenhaller, G. (2014). *Technische und wirtschaftliche Abschätzung zum Aufrüsten von Heizwerken zu Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen*. Biomasseverband Oberösterreich.

VDI. (2018). *Emissionsminderung - Thermochemische Vergasung von Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplung*. VDI 3461.

Vereinbarung Art. 15a B-VG; *Inverkehrbringen von Kleinfeuerungen und Überprüfung von Feuerungsanlagen und Blockheizkraftwerken*.

Zeymer, M., Herrmann, A., & Thrän, D. (2017). *Messen und Bilanzieren an Holzvergasungsanlagen*. Leipzig: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum.

IG Holzkraft

Graben 19/5, 1010 Wien

+43 1 93087-3127 | office@ig-holzkraft.at

www.ig-holzkraft.at | twitter.com/IHolzkraft

Auflage November 2021

Impressum: Herausgeber: IG Holzkraft, Graben 19/5, 1010 Wien; Tel.: +43 1 93087-3127; Mail: office@ig-holzkraft.at;
Gendering: Sämtliche personenbezogenen Bezeichnungen sind geschlechtsneutral zu verstehen.

