

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREEmissionsminderung
Thermochemische Vergasung von Biomasse
in Kraft-Wärme-Kopplung

VDI 3461

Emission control
Thermochemical gasification of biomass in
combined heat and power configurationsAusg. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.

The draft of this standard has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Begriffe	5
3 Formelzeichen und Abkürzungen	7
4 Grundlagen der Biomassevergasung	9
4.1 Allgemeine Ziele und Besonderheiten	9
4.2 Grundlagen	10
5 Aufbau und Stand der Technik von Anlagen zur Vergasung von naturbelassenem Holz	21
5.1 Überblick	21
5.2 Brennstofflager – Vorbehandlung – Beschickung	23
5.3 Vergasungsreaktor	25
5.4 Gasbehandlung	25
5.5 Strom- und Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung	27
5.6 Abgasreinigung	31
5.7 Fackel und sonstige Nebenaggregate	31
5.8 Prozessleittechnik und Automatisierung	32
6 Möglichkeiten zum Vermeiden und Vermindern sowie Ableiten von Emissionen	33
6.1 Rechtlicher Rahmen	33
6.2 Emissionsminderung durch Brennstoffwahl, Aufbereitung, Lagerung und Zufuhr der Brennstoffe	34
6.3 Emissionsminderung durch den Vergasungsprozess	39
6.4 Minderung diffuser Emissionen bei der Gaserzeugung und -behandlung	40
6.5 Emissionen und Emissionsüberwachung im Motorabgas	41

Contents	Page
Preliminary note	3
Introduction	3
1 Scope	4
2 Terms and definitions	5
3 Symbols and abbreviations	7
4 General principles of biomass gasification	9
4.1 General objectives and particularities	9
4.2 Fundamentals	10
5 Configuration and state of the art of plants for the gasification of untreated wood	21
5.1 Overview	21
5.2 Fuel storage – preparation – feeding	23
5.3 Gasification reactor	25
5.4 Gas cleanup	25
5.5 Combined heat and power generation	27
5.6 Exhaust gas after-treatment	31
5.7 Flare and other ancillary systems	31
5.8 Process control system and automation	32
6 Options for the prevention, control and discharge of emissions	33
6.1 Legal framework	33
6.2 Emission control through fuel selection, preparation, storage, and feeding	34
6.3 Emission control via the gasification process	39
6.4 Minimisation of fugitive emissions during gas production and cleaning	40
6.5 Engine exhaust emissions and monitoring	41

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
Fachbereich Umweltschutztechnik

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 2: Emissionsminderung I
VDI-Handbuch Energietechnik

Inhalt	Seite
6.6 Möglichkeiten der primären und sekundären Emissionsminderung.....	44
6.7 Emissionsminderung durch Fackel – Ableitung von Abgasen.....	48
7 Vermeidung, Verminderung und Entsorgung fester und flüssiger Rückstände.....	50
7.1 Allgemeine Hinweise.....	50
7.2 Rechtlicher Rahmen.....	51
7.3 Eigenschaften.....	52
7.4 Abfallrechtliche Einstufung.....	53
7.5 Vermeidung und Verminderung.....	55
7.6 Entsorgung.....	58
7.7 Dokumentation.....	61
7.8 Einleitung von Abwässern.....	61
8 Sonstige Emissionen.....	62
8.1 Lärm.....	62
8.2 Erschütterungen.....	62
8.3 Abwärme.....	63
9 Messen und Bewerten der Emissionen (Luftverunreinigungen).....	63
9.1 Allgemeines.....	63
9.2 Beurteilung von Emissionsmessungen.....	63
10 Hinweise zur sicherheitstechnischen Ausrüstung und für Maßnahmen zum Arbeitsschutz.....	66
10.1 Allgemeine Hinweise.....	66
10.2 Stoffbedingte Gefahrenquellen und Schutzmaßnahmen.....	67
10.3 Anlagenbedingte Gefahrenquellen und Schutzmaßnahmen.....	71
11 Bewertungskenngrößen für Planung und Betrieb (Gütekriterien).....	71
Anhang A Genehmigungsrechtliche Einstufung von Holzvergasungsanlagen.....	78
Anhang B Erforderliche Unterlagen und Angaben in baurechtlichen Genehmigungsverfahren.....	79
Anhang C Beschreibung des Entwicklungsstands von Vergasungsanlagen.....	81
Schrifttum.....	86

Contents	Page
6.6 Primary and secondary emission control measures.....	44
6.7 Emission control through flaring – exhaust gas discharge.....	48
7 Prevention, reduction and management of solid and liquid residues.....	50
7.1 General notes.....	50
7.2 Legal framework.....	51
7.3 Properties.....	52
7.4 Classification under the waste legislation.....	53
7.5 Prevention and reduction.....	55
7.6 Residue management.....	58
7.7 Documentation.....	61
7.8 Waste water discharge.....	61
8 Other emissions.....	62
8.1 Noise.....	62
8.2 Vibrations.....	62
8.3 Waste heat.....	63
9 Measurement and assessment of emissions (air pollutants).....	63
9.1 General.....	63
9.2 Assessment of emission measurement results.....	63
10 Information on safety equipment and occupational health and safety measures.....	66
10.1 General notes.....	66
10.2 Substance-related hazard sources and protective measures.....	67
10.3 Plant-related hazard sources and protective measures.....	71
11 Assessment parameters for project planning and plant operation (quality criteria).....	71
Annex A Classification of wood gasification plants under the permitting law.....	78
Annex B Documents and information to be provided for permitting procedures under the building law.....	79
Annex C Description of the development status of gasification plants.....	81
Bibliography.....	86

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Die Biomassevergasung bezeichnet einerseits den Teilschritt der thermochemischen Biomassekonversion im Vergasungsreaktor. Andererseits wird unter dem Begriff die Anlage als Verfahrenskette von der Biomasseannahme bis zur Bereitstellung von Strom und Wärme verstanden.

Die thermochemische Vergasung ist im Gegensatz zur Vergärung von Biomasse in der Lage, ligninreiche Biomasse in brennbare Gase umzuwandeln. Der erste industriell betriebene Feststoffvergaser trat in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Erscheinung [1]. In dieser Zeit diente die thermochemische Vergasung insbesondere zur Erzeugung von Leuchtgas. Für die wichtigsten Umwandlungsreaktionen im Vergasungsreaktor wird Wärme benötigt, jedoch stellt die Gesamtanlage im laufenden Betrieb neben den brennbaren Gasen auch Wärme zur Verfügung. In Kriegs- und Krisenzeiten diente das erzeugte Holzgas als Treibstoffersatz, ohne dass die entstehende Wärme genutzt wurde. In den vergangenen Jahrzehnten wurde von zahlreichen Herstellern eine Reihe von Konzepten mit unterschiedlichen Technologien und Reifegraden entwickelt. Obwohl mehrere dieser Konzepte noch nicht marktfähig waren, wurden insbesondere in der Zeit vor dem Jahr 2009 entsprechende Anlagen verkauft und errichtet.

Durch verschiedene technische und rechtliche Probleme, wie die Überschreitung von Emissionsbegrenzungen, die Geruchsbelästigung von Anwohnern und ungelöste Fragen bei der Entsorgung anfallender Rückstände, sind Vorbehalte gegenüber der in dieser Richtlinie beschriebenen Technologie entstanden. Daraus hat sich unter anderem eine regional unterschiedliche Genehmigungspraxis entwickelt.

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

Introduction

Biomass gasification denotes the unit operation of thermochemical biomass conversion in the gasification reactor. At the same time, the term is used to describe the overall plant in terms of the process chain from biomass reception through to the supply of electricity and heat.

Unlike anaerobic digestion, thermochemical gasification of biomass allows the conversion of lignin-rich biomass to combustible gases. The first commercial-scale fixed-bed gasifier dates back to the first half of the 19th century [1]. At that time, thermochemical gasification was primarily used to produce town gas. While the main conversion reactions in the gasification reactor consume heat, the overall plant not only produces combustible gases, but also supplies heat during continuous operation. In times of wars and crises, the wood gas produced was used as a transportation fuel substitute with the heat generated by the process being, however, wasted. Over the past few decades, a number of concepts based on different technologies have been developed to various levels of commercial maturity by numerous vendors. Even though these concepts were not yet ready for commercialisation, the corresponding plants were sold and built especially during the period before 2009.

Owing to diverse technical and legal issues, such as inability to meet the emission limits, odour nuisance issues in the plant neighbourhood, and unresolved questions regarding the disposal of the residues generated, the technology described in this standard has been met with reservations. Among other things, this has led to a regionally non-uniform permitting practice.

Seit etwa 2009 wird von mehreren Herstellern eine neue Generation von thermochemischen Vergasungsanlagen mit weiterentwickelten und zuverlässigen Systemen angeboten. Auf diese Weise können bei der Verstromung des Produktgases in Kraft-Wärme-Kopplung vergleichsweise hohe elektrische Wirkungsgrade trotz niedriger Feuerungswärmeleistung erreicht werden.

Diese Richtlinie wurde erforderlich, um durch die Beschreibung des Stands der Technik Umweltstandards, Qualitätskriterien und Mindestanforderungen festzulegen. Diese sollen Betreibern, zuständigen Behörden und potenziellen Investoren als belastbare Grundlage für Planungs- und Investitionsentscheidungen bzw. bei Genehmigungsfragen zur Verfügung stehen.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie bezieht sich auf die thermochemische Vergasung von naturbelassenem Holz und von naturbelassener holziger Biomasse mit Nutzung des Produktgases in Kolbenmaschinen zur innermotorischen Verbrennung mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Als naturbelassen wird Holz bezeichnet, das ausschließlich einer mechanischen Bearbeitung ausgesetzt war und bei seiner Verwendung nicht mehr als nur unerheblich mit Schadstoffen kontaminiert wurde. Diese Anforderungen werden beispielsweise von folgenden Brennstoffen erfüllt (in Anlehnung an die 1. BImSchV, § 3, Abs. 1, Nr. 4, 5 und 5a):

- a) Hackschnitzel aus naturbelassenem Holz einschließlich anhaftender Rinde (sowie Reisig und Zapfen); DIN EN ISO 17225-4 liefert dazu Hinweise
- b) naturbelassenes Holz in Form von Sägemehlspänen, Schleifstaub sowie Rinde
- c) Presslinge aus naturbelassenem Holz in Form von Holzbriketts oder in Form von Holzpellets nach DIN EN ISO 17225-2 sowie andere Holzbriketts oder Holzpellets aus naturbelassenem Holz mit gleichwertiger Qualität

Naturbelassenes Altholz (im Sinne von § 2 Nr. 3 und Nr. 4 AltholzV) fällt nicht unter den Anwendungsbereich dieser Richtlinie. Es stammt aus anderen Herkunftsbereichen als die genannten Brennstoffe und würde, aufgrund eines höheren Potenzi als an Fremd- und Schadstoffen, ein zusätzliches Qualitätssicherungssystem erforderlich machen.

Diese Richtlinie gilt nicht für die Produktion von Synthesegas, das mit dem Ziel einer weiteren Verarbeitung zu Chemierohstoffen oder Flüssigtreibstoffen erzeugt wird.

Since roughly 2009, several technology vendors have been offering a new generation of thermochemical gasification plants featuring further developed and reliable systems. As a result, the producer gas can now be converted to electricity in combined heat and power units at relatively high electrical generation efficiencies regardless of the low rated thermal input.

This standard has become necessary to define environmental standards, quality criteria, and minimum requirements through a description of the state of the art. The objective is to provide plant operators, the competent authorities, and potential investors with a viable basis for planning and investment decisions or for deciding on permitting issues.

1 Scope

This standard covers the thermochemical gasification of untreated wood and untreated woody biomass to generate producer gas for combined heat and power (CHP) generation in gas engine generator sets. Untreated wood is wood that has exclusively undergone mechanical treatment and at the time of its use was at most insignificantly contaminated with harmful substances. These criteria are satisfied by the following fuels (based on 1. BImSchV, Art. 3(1), Nos. 4, 5 and 5a), for instance:

- a) wood chips produced from untreated wood including adhering bark (as well as brushwood and cones); for more information, see DIN EN ISO 17225-4
- b) untreated wood in the form of shavings, grinding dust and bark
- c) densified wood products made from untreated wood in the form of wood briquettes or wood pellets as per DIN EN ISO 17225-2 as well as other wood briquettes or wood pellets of an equivalent quality made from untreated wood

Untreated waste wood (in terms of Art. 2, No. 3 and No. 4 of the Waste Wood Ordinance (AltholzV)) does not fall within the scope of this standard. It originates from sources other than the above fuels and would require an additional quality assurance system because of its higher foreign matter and contaminant potential.

This standard does not apply to the production of syngas destined for further processing into chemical basestocks or liquid transportation fuels.